Phys.
o.
39a
1

GRUNDRISS

DER

EXPERIMENTALPHYSIK.

ENTWORFEN

VON

Dr. C. W. G. KASTNER,

ORDENTL. PROFESSOR DER PHYSIK UND CHEMIE AUF DER UNIVERSITÄT ZU BONN, VERSCHIEDENER GELEHRTEN GESELLSCHAFTEN MITGLIED.

Dr. Haupt

ERSTER BAND.

Zweite vermehrte und verbesserte Auflage.

HEIDELBERG,

BEI MOHR UND WINTER

1820.

Den

Herren

P. ERMAN, E. G. FISCHER,

H. F. LINK

in Berlin

und

C. H. PFAFF

in Kiel

hochachtungsvoll

der Verfasser.

Schon vor zwei Jahren von meinen Zuhörern aufgefordert, ein eigenes Compendium Behufs meiner Vorlesungen über Experimentalphysik zu entwerfen, wagte ich es endlich diesem von mir selber lebhaft gefühltem Bedürfnisse abzuhelfen; in wieweit dieser Versuch gelungen, welchen durchzuführen mir, bei überhäuften Berufsgeschäften, täglich kaum einige Stunden während des Semesters übrig blieben, mögen billige Sachverständige entscheiden. Jede Belehrung die auf solchem Wege zu mir gelangt, wird mich um so mehr zum innigen Danke verpflichten, als ich das Mangelhafte meiner Arbeit fühle und mir jede Aussicht zu ihrer Verbesserung willkommen ist.

Noch erlaube ich mir einige Bemerkungen beizufügen, welche vielleicht die richtigere Beurtheilung des Ganzen erleichtern. Es war ursprünglich bestimmt in einem Bande zu erscheinen, als unvorhergesehene Umstände eintraten, welche den Verleger und mich bestimmten, bis zu Ende des fünften Cap. (etwas über die Hälfte des Buchs) den ersten Band zu schliessen, und die übrigen Theile im zweiten und letzten Bande nachfolgen zu lassen. Der erste vorliegende Theil der Experimentalphysik selbst,

ist mit »Untersuchungen der Anziehungen in meſsbaren Fernen« überschrieben; ich bitte dieses nicht zu strenge zu nehmen. In gewisser Hinsicht liesse sich wohl beweisen, daſs gar keine Anziehungen in meſsbaren Fernen existiren können, oder auch umgekehrt, daſs alle Anziehung in die Ferne wirke. Es kommt nur darauf an, wie man sich die Sache denkt. Glaubt man, daſs ein Körper A auf den entfernten Körper B anziehend wirken könne, ohne alle zwischen A und B in der Richtung der Wirkung denkbaren Raumtheile zu treffen, so irrt man wohl ohnstreitig, und selbst die Wirkungen der Schwere lassen sich nur dadurch bezeichnen, daſs jeder schwere Theil des Weltkörpers, und alles was ausser demselben sich befindet, erregend afficirt werde, und so die Schwereanziehung fortpflanze. Auf gleiche Weise setzen sich aber alle Anziehungen fort, und bei jeder Art wirkt nothwendig der anziehende Theil, mehr oder weniger über seine Grenze hinaus, den Angezogenen zu einer ähnlichen Wirkungsweise bestimmend. Hält man dieses nun für Wirkung in die Ferne, so muſs man zur näheren Bestimmung nur noch das Wörtchen unmittelbar hinzufügen, um wie ich glaube Recht zu behalten. Will man hingegen jede mittelbare Anziehung in die Ferne, als keine eigentliche Fernenwirkung passiren lassen, nun so bleibt weiter nichts übrig, als diese überhaupt nicht in und an den Körpern, sondern bei freien Geistern zu suchen, und zur Ausmittelung ihrer Wirkungsgesetze nicht bei der Physik, sondern an der Quelle, beim eigenen Ich nachzufragen, wenn es sich anders hierüber zu einer Antwort verstehen wird.

Sehr bedaure ich es, LA PLACE's erschöpfende Theorie der Haarröhrchen durch Zufall zu spät kennen gelernt zu haben; es blieb mir daher weiter nichts übrig, als sie in den Verbesserungen zu citiren; übrigens würde dennoch das Cap. von Adhäsion und Cohärenz dem ersten Theile einverleibt worden sein, da verschiedene tropfbare Flüssigkeiten, auch in verdünnter Luft, und hier noch stärker (z. B. Quecksilber) gegenseitige Anziehung zeigen, wenn sie noch sichtbar von einander entfernt sind; wiewohl diese und ähnliche Anziehungen streng genommen eher Erfolge der Cohäsion, der eigenthümlichen specifischen Schwere, als der Adhäsion sind.

Schon stand ich im Begriffe HILDEBRANDT's (dessen dynamische Naturlehre) Beispiele zu folgen, und die Formeln durch ausgeführte Berechnungen zu verdeutlichen, als ich durch das Raumzersplitternde dieses Verfahrens genöthigt wurde davon abzustehen. Zur Ersparung der Zeit werde ich für die Zukunft, gleich beim Anfange der Vorlesungen, erweiterte Formeln und Berechnungen einzelner Fälle zur Abschrift meinen Zuhörern mittheilen, und auf diese Weise für die Experimente um so mehr Zeit gewinnen. Endlich habe ich mich noch der jeder weiteren Untersuchung vorangehenden Experimente wegen zu rechtfertigen; eines Theils sollten sie dazu dienen, meine Zuhörer stets daran zu erinnern, daſs ich zur Entscheidung über Gesetze der Natur, nur die Erfahrung als den gültigsten Schiedsrichter anerkenne; andern Theils waren sie dazu bestimmt, den Zuhörer auch ohne weitläuftigen Apparat in den Stand zu setzen, die wichtigsten Untersuchungsresultate, für sich zu Hause selbst noch ein-

mal durchzuprüfen, und ihn dadurch nach und nach zu gewöhnen, der zur Zeit so sehr vernachlässigten Experimental-Untersuchung mehr Geschmack abzugewinnen, indem sie es nämlich gleich anfänglich möglich machen, die Freude über selbst angestellte Versuche mit anderen Experimentatoren zu theilen. Jedem Cap. und jedem Absatze lasse ich übrigens einige Bemerkungen, die Gegenstände der Untersuchung und die Resultate betreffend, welche sie uns gewähren werden, vorangehen, ehe ich zu den Experimenten selbst gelange, und die häufig in den Noten (welche ich mündlich nur im Auszuge berühre) angezogenen Versuche und Beobachtungen, dienen dann zur Erweiterung der Experimente.

Ich schliesse diese wenigen Erinnerungen mit der Versicherung, nach Einheit und wissenschaftlicher Form der Physik gestrebt zu haben; jedoch wissentlich nie zum Nachtheil dessen, was die Erfahrung bisher reichte. Diesem Verlangen gemäſs, vermogte ich es auch nicht über mich zu gewinnen, den meteorologischen und physisch-astronomischen Theil ganz auszuschliessen, sondern ich hielt es vielmehr für Pflicht, den Blick des Zuhörers dann für die grösseren Naturphänomene zu gewinnen, wenn die Resultate der blossen Experimental-Untersuchung umfassendere, den Forscher der Natur selbst näher bringende Belege bedürfen.

Heidelberg, im September 1809.

KASTNER.

Nur wenige Worte habe ich vorstehenden Bemerkungen beizufügen; mögen sie hinreichen, den billigen Beurtheiler über jene mir nothwendig geschienenen und daher eingetretenen Veränderungen und Zusätze zufrieden zu stellen, welche sich demselben in jedem §. darbieten werden. Strebend in der Betrachtung von dem Allgemeinen zum Besonderen und vom Einfacheren zum Mannichfaltigeren überzugehen, habe ich mich bemüht, dem Plane der vorigen Auflage treubleibend, zuvörderst in der Einleitung die Naturveränderungen ihrer Möglichkeit nach zu betrachten, um so die wissenschaftliche Würdigung der wirklichen nothwendigen Veränderungen leiblicher Wesen vorzubereiten; Erfahrung hat mir gezeigt, daſs diese Methode den Vortheil gewährt, den Zuhörer zu veranlassen: gleich von vorn herein sich selbstdenkend der Natur zu nähern, und dieselbe nicht als ein Einzelnes und Zufälliges, sondern als ein in Wechselwirkung begriffenes, in sich nothwendiges Ganze aufzufassen. Die der Einleitung folgenden Capitel gehören nicht mehr gesonderten Theilen an, wie dieses in der ersten Ausgabe der Fall war, sondern bilden aus den §. 10 u. ff. angegebenen

Gründen eine ununterbrochene Reihenfolge; was dadurch so wie durch engeren Druck, grösseres Format und etwas stärkere Bogenzahl an Raum gewonnen wurde, ist sorgfältig zur Aufnahme theils zahlreicher neuer Entdeckungen und Berichtigungen (wie solche die neueren gehaltreichen Lehrbücher und Zeitschriften darboten) theils zur Einstreuung eigener Beobachtungen, Folgerungen und Vermuthungen benutzt worden. Freuen würde es mich, wenn auch diese letztere Art von Zusätzen, ihrer Unvollkommenheit ohngeachtet, dem kundigen Leser der Stelle nicht unwerth schiene. Der zweite Band ist unter der Presse und folgt dem gegenwärtigen binnen einigen Monathen nach; auch mit ihm hoffe ich den trefflichen Naturforschern unserer Zeit dankerfüllten Herzens zeigen zu können, daſs ich nicht aufgehört habe ihr lehrbegieriger Schüler zu sein.

Bonn, den 24ten Juni 1820.

KASTNER.

INHALT.

EINLEITUNG.

I. ABSCHNITT.

Allgemeines Verhältniſs des forschenden Menschen. S. 1.

§. 1. Andeutung dieses Verhältnisses. §. 2. Des Menschen als Naturforscher. §. 3. Als mit Sinnen begabtes Wesen. §. 4–8. Allgem. Erfahrung über die Thätigkeit der Natur und Regel sie zu studiren.

II. ABSCHNITT.

Allgemeine Angabe des Gegenstandes der Physik; ihrer Geschichte und Literatur. S. 23.

§. 9–10. Angabe des Gegenstandes. §. 11–13. Geschichte und Litteratur. §. 14. Arten des Studiums der Physik. §. 15. Hülfsmittel dazu.

III. ABSCHNITT.

Bestimmung der allgemeinsten Begriffe in der Physik. S. 49.

§. 16. Leiden und Thun. Zustand. Dinge. Materien. Körper. § 17. Ursach und Wirkung. Qualitäten. §. 18. Kraft und Vermögen. §. 19. Grösse der Kräfte und Art der Wirkung im Allgemeinen. §. 20. Grundkräfte. §. 21. Freiheit und Nothwendigkeit. Raum und Zeit. Räumliche Begrenzung und Periodicität. §. 22. Unverdrängbarkeit und Durchdringlichkeit. §. 23. Dichtigkeit, Maas und Gewicht. §. 24. Atomistische Vorstellung, Porosität und Continuität. §. 25. Dynamische Ansicht. §. 26. Neuere Ansichten. §. 27. Chemische Beschaffenheiten und Eigenschaften. §. 28—29. Chemische Zersetzung. §. 30. Mechanische Theilung. §. 31. Berührung als allgemeine Bedingung gegenseitiger Einwirkung. §. 32. Anziehung. §. 33. Abstossung. §. 34—35. Bewegung und Ruhe.

IV. ABSCHNITT.

Nähere Untersuchung der Bewegung und ihrer Gesetze. S. 107.

§. 36—37. Arten der Bewegung. §. 38. Mittel (Medium). §. 39. Widerstand. §. 40. Druck. §. 41 42. Stoſs. §. 43—44. Stoſs elastischer Körper. §. 45. Wesen und Arten der Elasticität. §. 46. Schall und Schallschwingung.

I. CAPITEL.

Von der Schwere. S. 138.

A) Von dem Fall der Körper. B) Von dem Schwerpuncte. C) Vom Hebel. D) Bewegung auf der schiefen Ebene. E) Vom Pendel. F) Von der Verminderung der Schwere und denen daraus folgenden Veränderungen ihrer Beschleunigung. G. Von den Bewegungen und Massenverhältnissen der Weltkörper. H) Von der Wirkung der Schwere auf einzelne Materien mit Berücksichtigung ihres Zustandes.

II. CAPITEL.

Von dem Drucke flüssiger Körper. S. 268.

A) Von den verschiedenen Zuständen des Flüssigen. B) Von dem Drucke der Tropfbarflüssigen. C) Vom Verhalten ruhender tropfbarer Flüssigkeiten zu festen Körpern. D) Vom Verhalten ausdehnsamer Flüssigkeiten zu ruhenden Tropfbaren und zu festen Körpern. E) Vom Verhalten flüssiger und fester Körper im Zustande der Bewegung mit einander verbunden; oder von der Hydrodynamik.

III. CAPITEL.

Von der Anhaftung und Zusammenhaltung der Körper. S. 378.

A) Von der Anhaftung oder Adhäsion im Allgemeinen. B) Von der hygroskopischen Beschaffenheit der Körper. C) Vom Aufsteigen der tropfbaren Flüssigkeiten in Haarröhrchen. D) Von der Adhäsion fester Körper. E) Vom Zusammenhange oder von der Cohärenz der Körper.

IV. CAPITEL.

Von dem Magnetismus. S. 416.

A) Von der Erregung des magnetischen Verhältnisses. B) Von der Anziehung und Abstossung magnetischer Körper. C) Von der magnetischen Vertheilung und von dem Vermögen der Körper den Magnetismus zu leiten. D) Vom Verhältniſs der Magnete zur Erde.

V. CAPITEL.

Von der Electricität. S. 456.

A) Von der Erregung des electrischen Verhältnisses. B) Von der Leitung und Isolation der Electricität. C) Von den entgegengesetzten Electricitäten und von der electrischen Vertheilung. D) Ueber die electrischen Meteore. E) Von der thierischen Electricität.— §. 112. Bemerkung über die Theorie der Electricität.

Verbesserungen.

Seite 34	Zeile 3	von unten statt selber lies *selbst*
— 35	— 19	v. u. st einen l. *einem*
— 50	— 15	v. u. st. bestemmenden l. *bestimmenden*
— 80	— 22	v. u. st. enthaltenen l. *erhaltenen*
— 86	— 15	v. u. st. Streben zur l. *Macht der*
— 90	— 14	v. u. st. Gesckwindigkeit l. *Geschwindigkeit*
— 94	— 21	v. u. st. $(^2 = S, ^3 = s)$ l. (2 S, 2 s)
— 105	— 5	v. o. st. Precht's l. Prechtl's
— 113	— 4	v. o. st. ein Kartenblatt l. *einem Kartenblatte*
— 113	— 6	v. o. st. Glases l. *Blattes*
— 120	— 9	v. u. st. m l. *M*
— 127	— 10	v. o. st. befolgte l. *befolgten* und st. hatte l. *hätten*
— 128	— 1	v. u. st. Dehnbar: l. *Dehnsam-*
— 129	— 2	v. u. st. 65° l. 75°
— 130	— 21	v. o. st. $5^1/_3$ l. $5^2/_3$
— 162	— 19	v. u. st. Gesete l. *Gesetze*
— 168	— 18	v. u. st. auf l. *längs*
— 176	— 15	v. o. st. Flevationswinkeln l. *Elevationswinkeln*
— 178	— 9	v. o. setze nach Pendels hinzu (Fig. 9.)
— 200	— 6	v. u. st. VI l. *XI*
— 241	— 4	v. u. st. neblichtes l. *nebliges*
— 282	— 9	v. u. st. Spitze l. *Spitzen*
— 282	— 2	v. u. st. Hiernch l. *Hiernach*
— 337	— 21	v. u. st. Licntenbergs l. Lichtenbergs
— 369	— 14	v. o. st. fracterna l. *fraterna*
— 377	— 2	v. u. setze das Wort zu vor adhäriren
— 385	— 15	v. o. st. fester l. *feste*
— 405	— 1	v. u. st. 1810 l. 1819
— 413	— 19	v. u. st. deide l. *beide*
— 425	— 9	v. u. st. röthht l. *röthet*
— 448	— 18	v. o. st. 4) l. 3)
— 425	— 3	v. o. st. Magnetisch l. *Magnetische*
— 467	— 8	v. u. st. Colectoren l. *Collectoren*
— 477	— 6	v. u. st. Frannlin l. *Franklin*
— 478	— 5	v. u. setze nach Stralung; s. Fig. 15.

EINLEITUNG.

I. ABSCHNITT.

ALLGEMEINES VERHÄLTNISS DES FORSCHENDEN MENSCHEN.

§. 1.

Alles Forschen beginnt mit dem Bewufstsein. Sich seiner bewufst unterscheidet der Mensch, forschend in ihm selber: freie (ungefordert wirkende) Selbstthätigkeit und nothwendige (nur gefordert wirkende) Gegenthätigkeit. Für sich gedacht, nennt er die erstere Geist, die letztere Natur. Beide erkennt er an als in seiner Persönlichkeit vereint, und mithin als Grundverhältnifse Eines Wesens: der dem Leibe inwohnenden und denselben belebenden Seele.

Bemerkung. Was sich selbst zur That bestimmt, kann in ihm selber nicht gebunden, kann sich selbst nicht durch innere Entgegnung hemmend, mithin auch nicht zusammengesetzt, sondern mufs an sich einfach und untheilbar sein; was hingegen nur thätig ist, insofern es dazu bestimmt wird und was ohne diese ihm von Aussen kommende Bestimmung sich unthätig und leidend verhält, mufs in sich selber durch ursprüngliche Entgegnung in seinem eigenen Wesen gehemmt und daher an sich zusammengesetzt und theilbar sein. Nennen wir nun alle Thätigkeit, sofern sie wirkt, Kraft, so müssen wir das Wesen der Natur als durch (sich selbst hemmende, ursprüngliche) Gegenkräfte bedingt anerkennen, und wo die Natur wirkt: Erfolg nur von der

Wechselwirkung ihrer Gegenkräfte erwarten. Das Wirken der Natur ist daher überall ein nothwendiges, d. h. sie wirkt nicht wieviel sie will und weil sie soll, sondern so viel sie kann und weil sie mufs; sie erstrebt oder bezweckt daher auch nicht etwas, sondern fügt sich nur als bestimmbare Substanz.

2) Streben als solches, setzt Selbstgefühl und Willen voraus; wer daher der Natur als solcher »Streben« zuschreibt, während sie sich nur wechselwirkend fügt, nimmt für wollend, was an sich willenlos ist. Darum sind jene Erklärungen von Naturerscheinungen verwerflich, welche z. B. Streben des einen Naturdinges sich mit dem anderen zu verbinden u. s. w. als zureichenden Grund (z. B. der Verbindung) gelten lafsen.

3) Die Natur an sich betrachtet — ist also nur leidend, der Geist handelnd; wo letzterer die erstere (sie beherrschend) zur Thätigkeit bestimmt, kommt sein Handeln zur Erscheinung und heifst dann Leben; daher die Quelle alles Lebens der Geist. In welchem Maafse die Natur, während sie vom Geiste bestimmt wird, dessen Einwirken hemmt und solcher Hemmung veränderliche Dauer gewährt, zeigen die lebendigen Leiber oder die lebenden Organismen, sofern sich dieselben während ihrer Lebensdauern fortwährend räumlich und zeitlich ändern. Wo Geist und Natur eines lebendigen Einzelwesens ausser Verhältnifs treten, endet das Leben und tritt ein der Tod. Was dann als für uns Wahrnehmbares übrig bleibt: der Leichnam oder das Abgestorbene, ist zunächst nur noch durch Gegenwirkung thätig.

4) Da die Natur ihrem Wesen nach ein Abhängiges und nur Gegenthätiges ist, so kann auch kein einzelnes Naturding sich selbst ändern; diesen Mangel an Vermögen sich selbst ändern zu können, nämlich ohne dazu eines Anderen zu bedürfen, oder diese Ohnmacht der Natur erkannten schon die Naturforscher früherer Zeiten und bezeichneten sie durch den in der Folge näher zu bestimmenden Ausdruck: Trägheit.

5) Auf gleiche Weise abhängig und durch Entgegnung im Wirken hemmbar wie die Natur selbst, so müssen es auch die einzelnen Kräfte derselben sein; diese werden daher auch durch sich selbst keiner Aenderung, keiner Vergröfserung oder Verminderung fähig sein, sondern als bestimmte (oder bestimmbare) Thätigkeitsgröfsen wirken: nur insofern ihnen entgegen gewirkt wird. Sie werden sich mithin als Gewalten zeigen, die sich nur äufsern, so weit sich ihnen etwas Zu-Wältigendes darbietet, und deren Wältigungsgröfse bestimmt wird, durch das Maass der Entgegnung dessen, was von ihnen gewältigt wurde.

6) Wo aber Naturwesenheit und geistige Wesenheit miteinander

wirken, werden die Kräfte aufhören sich nur mit bestimmter Wirkungsgröfse zu äussern: in so weit sie durch bestimmte Entgegnung gefordert wurden; vielmehr werden sie in solchem Falle auch ohne gefordert zu sein zum Wirken (nach Aussen, oder zur Aeusserung ihres Gegebenseins) gelangen. Hiernach unterscheiden wir: reine Naturkräfte oder Gegenkräfte, und geistig bedingte Naturkräfte oder Lebenskräfte, und von beiden die rein geistigen Kräfte oder Geisteskräfte.

7) Die letzteren werden im gesunden und vollkommen entwickelten Menschen offenbar in dreierlei Formen: Vernunft, Verstand und Gemüth, deren jede einzelne von der Einheit und Freiheit des denkenden, empfindenden und wollenden; bildenden, schauenden und vergleichenden; zeugenden, empfangenden und gebenden Geistes zeugt.

8) Die Vernunft als Urbewufstsein des Wahren, Guten und Schönen, erzeugt in uns die Forderung von Gründen, für alles was möglich und wirklich ist, sich äussernd in dem Verlangen, dafs überall nothwendiger gesetzmäfsiger Zusammenhang im Möglichen wie im Wirklichen sey. Der Verstand als Urerkenntnifs des Vergleichbaren und Unterscheidbaren, treibt uns Gegebenes und Zugebendes also zu ordnen, dafs dasselbe durch Zusammenstimmung denkbar wird, und nährt so in uns das Streben, Mögliches wie Wirkl'ches zu begreifen. Das Gemüth als Urempfindung des Befriedigenden (Wahren), Genügenden (Guten) und Erfreuenden (Schönen) kündigt sich uns an als die innere Entscheidung über Recht und Unrecht, Gutes und Böses, Vollendetes und Mangelhaftes, und nöthigt uns handelnd dem Verneinenden das Bejahende, dem Zertheilenden das Ergänzende und dem Hafse die Liebe entgegen zu setzen.

9) Sofern die nach dem Wesen der Dinge trachtende Vernunft als entdeckender schöpferischer Quell der Ideen, der (die Verhältnisse der Dinge: deren Bestehen und deren Verändern erwägende, Ganzes in Einzelne auflösende und Einzelne zum Ganzen verbindende) Verstand als erfinderischer nachschaffender Bildner der Begriffe, und das nach höherer Ergänzung strebende Gemüth des Menschen als durch Wechselwirkung thätiger «Vermittler» des Schaffenden (Freien) und Erkennenden (Nothwendigen) in uns betrachtet werden kann, läfst sich auch in dieser Hinsicht behaupten, dafs der Mensch nach dem Ebenbilde Gottes geschaffen sey, und fragte man von diesem Standpunkte ausgehend nach dem Verhältnifs der Grundbeziehungen des Ebenbildes zu der Wesenheit des Urbildes, so dürfte vielleicht folgende Ansicht als befriedigende Antwort gel-

ten: In *Gott* ist Vernunft (das Bewegende, Schaffende — der Vater und Erzeuger) Verstand (das Ordnende, Lenkende — der Geist und Erhalter) und Gemüth (das Vermittelnde, Befriedigende — der Sohn und Versöhner) unbedingt und gegenseitig unbegrenzt, d. i. frei und darum unabänderlich auf gleiche Weise wirkend; in dem Ich des *Menschen* hingegen, bedingen und begrenzen sich Vernunft, Verstand und Gemüth gegenseitig, erzeugen dadurch »Abhängigkeit« von ihnen selber und von anderen Wirksamen ausser ihnen, führen dadurch nothwendig zum Wechsel im Wirken, und damit zur Noth um die Freiheit? Die Menschennatur ist daher für alle Erdgebilde die letzte Vergleichungsstufe; je mehr sie sich derselben nähern, um so mehr leben die Erdindividuen sich selber, mit ihrem Wesen zugleich auf ein höheres gemeinsames Leben, also auf ein höheres Ganze hindeutend; umgekehrt, je weiter von der Menschennatur entfernt, um so mehr ist die höhere Selbstständigkeit unterdrückt, und die vollendetere Hingebung an die Aussenwelt begründet. Jede niedere Stufe deutet dann auf eine höhere hin; in der anorganischen Natur, die Ahnung eines freieren Lebens, das ist einer selbstständigeren (individualisirteren) Daseinssphäre, die im Allgemeinen in der organischen Natur gegeben, und in Beziehung auf unsre Erde zunächst mit Pflanzenwelt zu bezeichnen wäre; wo eine ähnliche Hinweisung auf die Thierwelt, und von dieser auf den höchsten Moment des thierischen Lebens, die Abstufungen des Selbstgefühls durchlaufend, auf persönliches Bewufstsein statt findet, das im Menschen verwirklicht, der ruhigen Betrachtung oder vielmehr der religiösen Andacht, der Begeisterung (des Forschers, des Künstlers oder auch des Priesters) bedarf, um die Schauung des Höchsten einzuleiten.

10) Denn schon in seinem Bewufstsein steht der Mensch sich selber gegenüber, in sich unterscheidend handelndes, freies, selbstthätiges Sein, und leidendes, nothwendiges, abhängiges Dasein, und diese in seiner eigenen Persönlichkeit erkennbare Nothwendigkeit, führt zu der Frage nach dem unbedingt freien oder göttlichen Sein, wo der ewige Wille sich keinem Wollen unterordnet, wo die Kraft so endlos ist wie die That und die Weisheit so alldurchdringend wie die Liebe allumfassend, wo ewiger unverhüllter Wahrheit unbedingte Gerechtigkeit zur Seite wirkt und wo in dem ungeschaffenen Sein die Quelle unversiegbar ist für das schöpferisch sich ewig erneuende Werde. — Und wenn der Naturforscher auch keine genügende Antwort hat für diese Frage, sondern der Priester den Fragenden zur Uebung der «Liebe,»

zum Hegen der « Hoffnung » und zur Erhebung zum « Glauben » verweist, so zeugt doch das Aufwerfen der Frage (und die damit ausgesprochene Fähigkeit: sich zur Idee des göttlichen Seins zu erheben) von der göttlichen Abkunft des Menschen, und sichert demselben die Möglichkeit der Erhebung über das irdische, beschränkte Dasein, oder das Begründetsein des Glaubens an eine ewige Fortdauer. Eine Folge dieses göttlichen Urquells menschlicher Natur ist die richtige Würdigung jener höheren Abhängigkeit, die über den Menschen als Führung waltet, die uns offenbar wird im Glauben an eine göttliche Regierung der Welt, und die sich durch das in ihr aufgenommene Element der Freiheit von dem « auch über die Götter waltendem » und als « zürnender Jehova richtendem und rächendem «, nur nothwendigem Schicksal (Fatum) der vorchristlichen Zeit unterscheidet.

11) Wenn Vernunft und Gemüth den Menschen in den Stand setzen sich zur ahnenden Anschauung des unbedingt freien und unbegreiflichen Seins und zum lebendigen Glauben an dessen ewige Wahrheit zu erheben, so bietet sich dagegen dem Verstande zum Gegenstande seiner Thätigkeit nur dar: das bedingt freie und das unfreie Dasein der gesammten lebenden und leblosen Natur; denn nur für diese ist ihm die Vergleichung möglich. Sonach ist auch der Mensch, soweit er Naturwesen ist, und soweit sein Geist der in der Natur waltenden Gesetzmäſsigkeit (und mithin überhaupt der Nothwendigkeit) sich fügt: begreifbar.

12) Das Verhältniſs des forschenden Menschen ist daher ein dreifaches: zu Gott, zu ihm selber und zur Natur (der belebten und der leblosen). Zwischen Gott und Natur tritt er mit seiner Persönlichkeit als Vermittler auf: ersteren ahnend und in reiner Begeisterung schauend, letztere empfangend, beurtheilend, begreifend und durch sich selbst unterhaltend.

13) Wenn die Kunst das Geistige zum Sinnlichen, zur Natur verkörpert erscheinen (oder auch das Sinnliche zum Geistigen sich verklären) läſst, so strebt umgekehrt die Wissenschaft dahin, die Natur als der Wirkungsordnung des Geistes gemäſs, als Werk der Vernunft zu erkennen, und wenn die Religion das Göttliche in seiner Idealität anschaut, so versucht es dagegen die Philosophie dasselbe in seiner Realität zu ergreifen, und in diesem Ergreifen sich subjectiv als Kunst, objectiv als Wissenschaft darzustellen.

§. 2.

Die Naturforschung findet mithin ihre ursprüngliche

Quelle ebenfalls im Bewufstsein, und wir selbst machen uns zum Gegenstande jener Forschung, wenn wir alles, was uns ein Aeusseres, Abhängiges, Nothwendiges ist (also auch der Mensch im Akte der Selbstbetrachtung) oder das, was wir kürzer **Natur** nennen, einer höchsten Vergleichung unterwerfen. Die Verstandesbeweise für die Richtigkeit der Vergleichung; d. i. die aus den Thätigkeitsverhältnissen der Gegenstände gezogenen Schlüsse, können zwar für sich auf keine unbedingte Gültigkeit Anspruch machen, erlangen jedoch einen hohen Grad allgemeiner Gewifsheit, wenn ihnen die innere Stimme der Wahrheit: die Vernunft entgegen kommt, und so den Arbeiten des Forschers den Stempel des Wissens verleihet.

Bemer. 1) Es ist richtig, dafs in der Weise, wie wir die Dinge betrachten: wir nur unsere Ansicht haben; der Mensch soll aber als denkendes Wesen nicht blofs eine seiner Selbstheit (Subjectivität) entsprechende Ansicht von der Welt entwerfen, sondern stets dahin streben, seine und alle Ansichten einzelner Menschen, von dem zu befreien, was an ihnen einzeln ist, oder was von der mehr oder minder beschränkten Persönlichkeit des Entwerfers zeugt. Nicht für die einzelnen Menschen, sondern im Namen der Menschheit, mit der nur möglichen Kraft, Ausdauer und Besonnenheit, mufs der Weg zur Wahrheit gesucht und verfolgt werden.

2) Sobald unsere Kenntnisse aus der Vernunft (a priori) abgeleitet sind, oder eine solche Ableitung sich unmittelbar nachweisen läfst, werden sie in ihrer Trennung als Theile des menschlichen Wissens betrachtet, und zu einem Ganzen vereint **Wissenschaft** genannt; deren Mannigfaltigkeit durch diejenige des Geistes bestimmt wird. So können wir z. B. in Rücksicht der Naturkenntnisse, aus allgemeinen und blofs construirten Begriffen der Materie, gewisse Sätze ableiten, welche uns über einzelne Anziehungsverhältnisse der verschiedenen Materien Aufschlufs gewähren; die meisten Kenntnisse erlangen wir indefs nur durch Wechselwirkung unserer Sinne und unseres Verstandes, d. i. auf dem Wege der Erfahrung (a posteriori) wo der Gegenstand nicht von uns producirbar ist, und die Natur desselben, als etwas von uns ungeschaffenes (und im Moment der Erforschung) von uns unabhängiges angesehen wird Die Aufgabe ist hier, die gesammten Erfahrungen in richtige Beziehung mit

unserer Vernunft zu setzen, oder die Gesetze, welche die Erfahrung darbietet, die der Verstand aus ihnen durch Vergleichung ableitet, durch die Vernunftgesetze zu berichtigen, und ihnen so wissenschaftlichen Werth zu geben, oder vereint als empirisches Wissen von dem Gegenstande, als Erfahrungswissenschaft aufzustellen, die man indeſs richtiger durch Kunde (z. B. Arzneikunde) bezeichnet. Hieher gehören denn auch die Kenntnisse von der Natur, so weit sie gegenwärtig gediehen sind; streng genommen, kann man nur von einer Naturkunde sprechen, ohnerachtet die ältere Geschichte und unsere Zeit mehrere achtungswerthe Männer zählt, die entweder das Erfahrene zur Wissenschaft erhoben, oder aus der höchsten Idee des Seins, den mannigfaltigen Ausdruck dieser Idee in den Erscheinungen gesetzmässig zu bestimmen, und somit die Möglichkeit der Natur in ihrer unendlichen Mannigfaltigkeit darzuthun sich bemüheten. Es ist dieses das Geschäft der Philosophie, oder der Wissenschaft des an sich Wahren, die eigentlich in ihren Gesamtbeziehungen Naturphilosophie ist, gewöhnlich aber diesen Namen erhält, wenn sie mit Ausschluſs der Ideen der Moral und des Rechts die Möglichkeit und Nothwendigkeit aller Beziehungen des innern Menschen zur Natur, wie sie erscheint und wie sie gedacht werden muſs, entwickelt. Diese philosophische Bearbeitung der Naturkenntnisse überhaupt, macht indeſs keineswegs das Geschäft des Sammelns und Vergleichens, oder den in der physischen und geistigen Natur des Menschen und seines Verhältnisses zur Erde begründeten und vorgezeichneten Weg, bisheriger Naturforschung entbehrlich, sondern die Naturphilosophie würde vielmehr, ohne jene Bemühungsweise in's Auge zu fassen, eine bedeutungslose Skitze geliefert haben. Die wahre und volle Bedeutung, das wahrhafte Einverständniſs mit der Natur, so weit es dem denkenden Erdbewohner möglich ist, kann ihm aber nur durch Vereinigung beider Wege werden; eine Methode des Naturstudiums, zu der sich unsere Zeit unter mancherlei Formen, auf mancherlei Weise kräftig rüstet; die aber erst zur Darstellung gelangen kann, wenn der Philosoph nicht mehr sein System, sondern die Natur selbst zu erweisen sich beeifert, und der Beobachter und Experimentator zu der Ueberzeugung gelangt, daſs man von der Idee (von dem absoluten Begriffe) seiner selbst und somit der Natur ausgehen müsse, um für den Wechsel der Erscheinung den richtigen Gesichtspunkt zu gewinnen, und die gegenseitige Bedeutung der Dinge in der Wahrheit aufzufassen.

3) Jedes philosophische System geht von einem unbedingt Wahren,

von einem höchsten Principe aus, und jeder Stifter derselben versucht es, die gesammten Wahrheiten von Gott, Natur und Intelligenzwelt, aus einem unbedingt wahren Erkenntnifsgrunde abzuleiten. Plato (ohne aus seiner Idee ein in sich geschlossenes System darzustellen) setzte eine Erste Idee, Idee der Ideen, als Urquelle des Denkens und Seins, der Idealität und Realität. Beide sind ihm, ihrem Wesen zu Folge, eins, nicht absolut, sondern nur relativ entgegengesetzt. Seine Philosophie, auf Idendität des Seins und Denkens sich gründend, ist Idenditätsphilosophie. Zu ähnlichen Einsichten gelangten auch Spinoza und Leibnitz, bildeten aber ihre Systeme einseitig, indem der erstere das Ursein (die absolute Natur) letzterer das Urdenken (die absolute Intelligenz, Monas) als jenen letzten Erkenntnifs- und Wissensgrund aufstellten. Spinoza war Realist, Leibnitz Idealist. Des Cartes setzte Geister- und Naturwelt als einander absolut entgegensetzt, und die Gottheit als Vermittlerin gegenseitiger Wechselwirkung und Harmonie; er war Dualist. Kant setzte als letztes Prinzip des Wissens, die Einung der Anschauungsformen und des Denkens im reinen Selbstbewufstsein oder im Ich. Die menschliche Vernunft ist endlich und sinnlich, sie ist beschränkt; vermöge dieser Beschränkung giebt es für uns unüberwindliche Unwissenheit, keine absolute Erkenntnifs, wir können nur wissen, was im Gebiete der Erscheinungswelt liegt, jenseits derselben ist das menschliche Wissen absolut beschränkt, dem Ewigen nähern wir uns nur durch Glauben. Um dem Kantischen Systeme die mangelnde Einheit zu verleihen, wandelte Reinhold den Grundsatz: alles Wissen aus einem ersten Princip abzuleiten, in die Aufgabe aller Philosophie: das Wesen der Dinge aus dem Wesen der Gottheit zu erkennen; wogegen Fries den Einwurf machte, dafs der Mensch das Wesen der Gottheit weder fassen noch begreifen könne, vielweniger noch das Wesen der Dinge aus ihm, wobei wir auf §. 1. und oben hinweisen. Reinhold's Denken als Denken, Bardili's prius, Fichte's Steigerung des reinen Bewufstseins bis zum absoluten Selbsthandeln, in seinem reinen Ich (als Princip des Denkens und Seins, der Idealität und Realität, welches die Aufgabe hat, sich vom Nicht-Ich unabhängig zu machen, um es zu erkennen, und dadurch zur ungetrübten Anschauung seiner selbst zu gelangen; die Welt ist dem Ich ein subjectives Object, eben so verschieden, als wie es dem Ich gelungen ist, seine obige Aufgabe zu lösen; die Nothwendigkeit der Lösung steht als einmal gegeben da, zu ihr reicht kein Begreifen und Wissen, sondern — Glaube) und das Absolute des

Schelling, sind als eben so viele eigenthümliche Bestrebungen anzusehen, jene Aufgabe zu lösen: das Wesen der Dinge aus der ewigen Einheit zu erkennen. Schelling einsehend das Mangelhafte in der Art, wie seine Vorgänger sich jenes Princip theils eigen zu machen, theils durchzuführen versuchten, stellt — aus den älteren Weisheitsschulen eines Plato, Spinoza und Leibnitz zurückkehrend — nach dem Beispiele des erstgenannten ein Princip auf, welches sich durch Einheit, Unbedingtheit und Allgemeinheit karakterisirt, und sich ausspricht als Identität der absoluten Idealität und der absoluten Realität, und dadurch sowohl auf formelle — logische — als auf reelle und objective Gültigkeit Anspruch macht. Geister- und Körperwelt existiren durch einen ewigen Schöpfungsakt des mit der menschlichen Vernunft nicht zu verwechselnden Absoluten. — Die Mannigfaltigkeit der Individuen geht in's Unendliche. — Alles Seiende gehört entweder in die Welt freier Geister oder der absoluten Abhängigkeit des Causalnexus. Nichts geht unter. Zugleich begegnet er dadurch dem für die Geschichte des Criticismus wichtigen Einwurf Jacobi's, gegen die früheren, aus der scholatischen Philosophie entsprungenen und Wolfischen bloſs logischen Methoden, » daſs um zu beweisen, erst etwas Bestimmtes gegeben sein müsse, aus dem bewiesen werde, ehe man Beweise zu führen beginne; » ein Einwurf, der in seinen Folgen von Kant aufgefaſst, diesen zu seiner Kritik der Vernunft führte; vergl. Fries Kritik der Vernunft und die unten angef. Schriften. Merkwürdig ist es übrigens, daſs Fichte's transcendentaler Idealismus und der transcendentale Realismus der Scholastiker (ihre sogenannte Prioritas naturae) aus demselben Satze und auf dieselbe Weise nur nach entgegengesetzter Richtung entstanden sind. Man vergleiche: Platons Werke übers. (nach der Stephanischen Ausgabe) von F Schleiermacher. Berlin 1804. 1817. 8. — Aristoteles Stagirita. Opera omnia, c. Commentar. Averrhois. Tom. XI. Venetiis 1560. 8. eadem graec. et latin. urel. Allohr. 1607. 8. — Commentar. Collegii Conimbricensis e Soc. Jesu in universam Dialecticam Aristotelis St., Colon Agrippinae MDCXI. Plutarchus, Chaeronensis, de Placitis et decretis Philosophor. ed G. C. Gerhardi. Gryph. 1692. 12. — T. Lucretii Cari de rerum natura; libri sex ad optimor. exemplar. fidem emendati edidit H. C. A. Eichstad; Lips. 1801. 8. — B. de Spinoza. Opera quae supersunt omnia etc. edit. H. E. G. Paulus. Vol. I. Jenae 1802. 8. — Fr. Baco de Verulamo. Opera omnia. Lips. 1694. fol. — Leibnitzii Opera omn. edid. Raspe 1775. —

F. Kants metaphysische Anfangsgründe d. Naturwissenschaft. Riga 1787. 1788. 8. Frkf. u. Leipz. 1794. — Dessen Kritik der reinen Vernunft. — J. G. Fichte Grundr. der gesamt. Wissenschaftslehre u. s. w. Jena 1795 — Tübingen 1802. 8. — F. W. J. Schellings sämmtliche Schriften. — J. J. Wagner, von der Natur der Dinge. Leipz. 1803. — K. C. F. Krause: Anleit. zur Naturphilosophie. Jena 1804. 8. — J. Fries, System der Philosophie als evidente Wissenschaft. Leipz. 1804. 8. — Dessen Neue Kritik der Vernunft. III. B. Heidelberg. 1807. 8. — Plotinos, von der Natur, von der Betrachtung und von dem Einen, mit einer Einl. u. m. Anm. von F. Creuzer. B. I. in den Studien, von C. Daub und F. Creuzer. Heidelberg 1805. 8. S. 23 u. 103. Lehrb. der Naturwissenschaft. I—III. H. von D. J. Weber. Landshut 1805. 8. Natur und Philosophie. Ein Versuch von D. H. F. Link u. s. w. Leipzig, Rostock und Schwerin. 1811. 8. — F. Bouterweck: Anleit. z. Philos. d. Natur. Göttingen 1803. 8. — Ueber die Bildung der Weltseele im Timaos des Platon. von Böckh; in den a. Studien III. B. S. 1—98. — H. Steffens: Grundz. d. philos. Naturwissenschaft. Berlin. 1806. 8. — Schellings Jahrbücher der Medicin als Wissenschaft. I. II. B. Tübingen 1805. 1806. 8. — C. A. Eschenmayer: Einleit. in Natur und Geschichte. Erlangen 1806. 8. — G. E. A. Mehmel über das Verhältnifs der Philosophie zur Religion. Erlangen 1805. 8. — F. W. G. Solger philosophische Gespräche. Berlin 1817. 8. — F. J. Schelver von den sieben Formen des Lebens. Frankfurt. 1817. gr 12. Hegel: Wissenschaft der Logik. I. objective Logik 1812. II. subjective Logik 1816. 8 — Encyklopädie der philosophischen Wissenschaften. 1817. 8. — van Calker: Urgesetzlehre des Wahren, Guten und Schönen. Berlin 1819. 8. — C. J. Windischmann: Geschichte der Philosophie. I. II. Bonn 1820. 8. — Umrisse der Philosophie I. II. Bonn 1820. 8.

4) Das Wort Natur wird in verschiedenen Bedeutungen (bestimmt durch die jedesmalige Stelle seines Gebrauchs) genommen. Gewöhnlich setzt man es gleichbedeutend mit Körperwelt, oder überhaupt mit Welt, und in diesem Falle, involvirt die Untersuchung der Natur diejenige des Geistes, welche als philosophische Anthropologie der Untersuchung des Inbegriffs der Kräfte der Dinge vorangehen mufs. In den Ausdrücken: die Natur bringt hervor, bewirkt dieses oder jenes, wird es zur Bezeichnung der ewig schaffenden, alle Dinge aus sich selbst erzeugenden Urkraft der Welt, der ersten Grundursache der Erscheinungen in der Welt, oder des Urgesetzlichen der Sinnesgegenstände selbst, ange-

wendet; dieses war die Natura naturans der Scholastiker, von der sie obige Bezeichnungen durch Natura naturata unterschieden. Beide Begriffe sind in dem allgemeinen Ausdrucke: Welt oder Universum vereint. — Kant drückt sich darüber in seiner Kritik d. V. S. 446 folgendermasen aus: »Natur, adjective (formaliter) genommen, bedeutet den Zusammenhang der Bestimmungen eines Dinges nach einem inneren Princip der Causalität. Dagegen versteht man unter Natur, substantive (materialiter), den Inbegriff der Erscheinungen, so fern diese, vermög eines innern Princips der Causalität, durchgängig zusammenhängen. Im ersteren Verstande spricht man von der Natur der flüssigen Materie, des Feuers u.s.w. und bedient sich dieses Wortes nur adjective; dagegen, wenn man von den Dingen der Natur redet; so hat man ein bestehendes Ganze in Gedanken.« — Eben so vielfach ist die Bedeutung der Wörter widernatürlich (contra naturam), unnatürlich (praeter naturam) und wunderbar im Gegensatze von natürlich, so wie auch diejenige der Ausdrücke: künstlich und Kunst; letzterer im Gegensatze von Natur bezeichnet im Allgemeinen die durch den Menschen bewirkte (nicht von selbst, oder nicht im gewöhnlichen Gange der Erscheinungen erfolgende) Veränderung der Dinge zu gewissen Zwecken. Wir verstehen unter dem Wort Natur, die (unmittelbar oder mittelbar) sinnlich wahrnehmbare, in nothwendiger und gesetzmässiger, überschaubarer Folge wirkende Sinnen: oder Aussenwelt, und setzen dieser Abhängigkeit und Nothwendigkeit zunächst entgegen die Selbstständigkeit und Freiheit der geistigen oder Innenwelt oder des Geistes; gestehen jedoch zu, dafs man die Bedeutung des Wortes Natur noch allgemeiner, als das sich selber bedingende Nothwendige nehmen und in dieser Hinsicht eine äussere und innere Natur unterscheiden könne, erstere als Gesetzmässigkeit der Erscheinungen des Leiblichen, letztere als die des Geistigen oder der zeitlichen Erscheinung des Geistes betrachtend. — Ausser den zuvor angeführten Schriften vergl. man noch Rob. Boyle tr. de ipsa natura, sive libera in receptam naturae notionem disquisitio, Genev. 1688. 4. u. in d. lat. Uebers. seiner Operum. ebendas.

5) In obigem Sinne spricht man auch von der Natur der Dinge (Natura rerum) d. i. von dem Inbegriff solcher unveränderlicher Bestimmungen, aus welchen alle Eigenschaften derselben herfliesen. Auch gehören hieher die Ausdrücke: Natura mundi f. universi. Natura universa et singula etc.

§. 3.

Unserem anschauenden Geiste ist die Natur die durch schöpferischen Willen zur Entgegnung gebrachte und dadurch sich selbst begrenzende Kraft Gottes, und alle Naturforschung besteht in dem Bestreben des menschlichen Geistes, den nothwendigen inneren Zusammenhang und das wechselseitig Sich-Bedingende in jenen Selbstbeschränkungen der göttlichen Kraft zu bestimmen, d.h. die Gesetze zu erforschen, nach welchen das Natureinzelne und das Weltganze werdend besteht, und bestehend wird, oder nach denen in der Natur das Mögliche als Wirkliches, und das Wirkliche als Mögliches denkbar ist; und dieses ursprüngliche Verlangen wird zunächst vermittelt durch die Sinne.

Bemerk. 1) Wir erkennen unsere Sinne als geistige Medien von Raum und Zeit; ein Verhältnifs, welches schon daraus erhellet, dafs jeder Sinnesgebrauch mit Vorstellungen verknüpft ist, die bei jedem einzelnen gesunden Sinne einen eigenthümlichen Charakter an sich tragen, worin alle Menschen übereinstimmen, denen die Möglichkeit des richtigen Gebrauchs der Sinne zu Theil wurde. Z. B. alle unterscheiden mittelst des Auges, Licht und Finsternifs; mittelst der Gefühlorgane, Wärme und Kälte u. s. w., ohnerachtet bei jedem einzelnen Individuum mehr oder minder bedeutende Modificationen der mit dem Gebrauch unmittelbar verknüpften Vorstellungen eintreten. Offenbar folgt hieraus, dafs durch unsere Sinnesorgane selbst erst die Prädicate der Dinge, so wie sie uns erscheinen, erzeugt werden, mithin in der Helle, Farbe, Wärme, Kälte u. s. w. nicht die unmittelbare Entfaltung des Wesens der Aussendinge gegeben sey. Eine unmittelbare Erkenntnifs dessen, was in den Erscheinungen Wahres ist, würde mithin nur hervorgehen, wenn unser Geist unbeschränkt die Welt zu schauen vermöchte, ohne irgend ein geistiges Medium von Zeit und Raum zu bedürfen. Es fragt sich aber, ob auf dem Standpunkte organischer Entwickelung, den wir als Menschen behaupten, nicht schon eine Annäherung zu einer solchen geistigen Schauung des Daseienden möglich ist, und ob hierin nicht gerade das Verhältnifs der Sinne zu unserem erkennenden Ich bestehe? Wir bejahen diese Frage, indem wir an das oben bemerkte Verhältnifs unseres Ich zur Welt folgendermassen erinnern. Als höchste Vergleichungsstufe für die Aussenwelt, stellt der Mensch sich selbst auf; was er

sucht, forscht, ist das was seinem Wesen entspricht; indem er die Natur erforscht, deutet er die Symbole seiner selbst, geistig geht er zur Natur, ihr Thätigsein erspähend. Jedem seiner Sinne liegt nothwendig dasselbe Verhältnifs zum Grunde, alle sind Organe, wodurch das Selbstthätige zum Gegenthätigen spricht, mit deren Hülfe der menschliche Geist das Entfalten des thätigen Verhältnisses der Objecte, die endliche Darstellung der das einzelne Ganze erzeugenden Thätigkeiten in der Form gewahrt. Die speciellere Würdigung der hieher gehörenden Erscheinungen wird späterhin vorkommen; nur das fügen wir noch hinzu, dafs bei jedem sinnlichen Wahrnehmen im Sinnesorgane, im kleineren Raume mit Selbstgefühl oder mit Bewufstsein wiederholt wird, was ausser uns als wahrnehmbare Erscheinung vorgieng, und dafs wir namentlich im Gemeingefühle mindestens eine dreifache Verschiedenheit der Wahrnehmung besitzen, indem wir 1) tastend den Wiederstand empfinden, 2) Ausdehnung oder Zusammenziehung erleidend, die Unterschiede der fühlbaren Wärme und Kälte bestimmen, und 3) mit der Oberhaut anziehend, bei den Erscheinungen des Nässens derselben, die Anziehung selber zum Gegenstande sinnlicher Wahrnehmung erheben; vergl. m. Einleitung in die neuere Chemie S. 276. u. s. w. m. System d. Chemie S. 2.

2) Fassen wir auf obige Weise das Wesen und den Zweck unserer Sinne auf, so folgt auch von selber, dafs aller sinnlichen Wahrnehmung Wahrheit zum Grunde liege, und dafs der Verstand sich selbst täuscht, wenn er dem Satze unbedingt huldigt: nichts sinnlich Wahrnehmbare ist wahr; denn alles ist blofs bedingt gesetzt. Buffon's u. a. Einwurf, dafs, um über die Aussenwelt zur Gewifsheit zu gelangen, wir uns mit unserem subjectiven Bewufstsein in die Wesensphäre jeglichen Dinges müfsten versetzen können, hat nur für den einigen Scheingrund, der seinen eigenen Standpunct, sein Verhältnifs zu Gott und zur Natur nicht zu würdigen weifs. Subjectiv wahr ist die Natur für jedes ihrer Glieder; aber es giebt eine Wahrheit, die über die eigene Selbsttigkeit erhaben ist, und der Maasstab für diese ist, die Vergleichung des stufenweise, von Gliede zu Glied, entwickelten Erkenntnifsvermögens (des menschlichen mit eingeschlossen) mit dem, wenigstens von uns ahnungsfähigen göttlichen Erkennen. — Wenn das Insect den Dingen, vermöge der eigenthümlichen Beschaffenheit seiner Sinne und des Grades seines Vorstellungsvermögens, andere Prädicate beilegt, als der Mensch, so folgt nicht, dafs die unseren oder beide unrichtig sind, sondern nur, dafs jene Prädicate in der begrenzten Auffassung von Seiten des

Insects für dasselbe wahr sind, so wie die unseren für uns, auch nicht, dafs überhaupt allen Prädicaten der Dinge Realität mangele; sondern nur, dafs die Prädicate eben so beziehungsweise wahr sind, als die Objecte selber, sofern sie nicht in der Idee aufgefafst, sondern in der Erscheinung begriffen werden sollen. Für uns sind die Qualitäten, welche der Insectensinn giebt, nicht unwahr, sondern nur nicht in dem Maase und in der Art das Wesen der Dinge auffassend, wie diejenigen, welches unser Sinn setzt, mithin nur unvollständig. — Dieselben Veränderungen, die von der willenlosen Natur bewufstlos vollbracht werden, erfolgen dem Obigen gemäfs beim Gebrauche der Sinne mit Bewufstsein, d. h. das Sich-Aendernde empfindet beim Sinnesgebrauch die Art und das Maas der Veränderung, welche es (durch Wechselwirkung) erleidet; wie denn überhaupt in lebenden Wesen dieselben Kräfte zur Wechselwirkung gebracht werden, die in der sogenannten todten Natur das Verändern der Wesen bedingen. Daher auch nicht nur beim Sinnesgebrauche die Naturkräfte mit Bewufstsein (oder mit Empfindung seiner selbst) wirken, sondern auch mehr oder weniger bei allen jenen schmerzlichen oder behaglichen Veränderungen, welche das Leben der Thierorganismen begleiten, sofern dieselben mit ihrer Substanz mit fremdartigen, nicht zu ihrem Leibe gehörenden Dingen in Gegenwirkung gerathen, wie denn z. B. im Hunger und Durste die Gewalt jener Anziehung mit Bewufstsein hervortritt, welche in den chemischen Salzbildungsprocessen willenlos und bewufstlos wirkt, und in der «Stillung des Hungers» und «Löschung des Durstes» verlebendigt und in das Gefühl des Selbstbestehens aufgenommen erscheint, was gefühllos beim «Ausgleichen» chemischer Gegensätze vorgeht. So wird ferner das Wirken entstehender, entstandener und vergehender freier Elektricität «schmerzhaft» für uns, so ferne es in uns, auf vom gewöhnlichen Gange abweichenden Wege (z. B. durch von Aufsen veranlafstes Uebermaas im Erregen und Ansammeln der Elektricität) erzeugt wurde, und so wird z. B. auch das Sich-Ausdehnen (die wirkende Elasticität) in uns empfunden und zum Bewufstsein erhoben, im Gefühle der Muskelkraft und im Empfinden eigener Leibesstärke, auch ohne dafs dieselbe von Aufsen her gefordert wurde; etc. Vergl. Kastner's: Ueber das Leben der Dinge, und: Ueber die Gestaltnng des Universums; im II. B. der Studien, herausgegeben von Creuzer und Daub (Heidelberg 1806. 8.)

Auf zweierlei Weise ist also zunächst die Natur zu erforschen; 1) indem wir die Gesetze der Wechselwirkung aufsuchen und von diesen geleitet die einzelnen Naturkräfte und Naturgewalten

bestimmen, und 2) indem wir unsere eigenen Gefühle und Empfindungen fragen, und damit erfahren, welche Bedeutung die verschiedenen Naturkräfte für unseren sich seiner bewuſsten Geist haben. Die letztere Forschungsweise führt gleichsam die Natur in allen ihren Theilen selbstfühlend, selbstempfindend und selbst redend ein, und erhebt sie so zu einer Vergeistigung, die es unserem Geiste möglich macht, nicht nur sein eigenes Sein, sondern auch das Dasein dessen zu empfinden, was die Natur so bestehen und sich so ändern läſst, wie sie wirklich besteht und wie sie sich wirklich ändert. Und das Gefühl der eigenen leiblichen Existenz kann dadurch nur hervorgegangen sein, daſs die sonst nur gegenthätige Natur zur selbstthätigen, d. i. zur lebendigen Substanz erhoben ist.

3) So können wir also zu einer Kenntniſs der Natur gelangen, die, wenn sie auch nie den Grad von Klarheit erreicht, der bei dem Erkennen des eigenen Geistes gegeben ist, doch eine Gewiſsheit zuläſst, die das Verlangen des forschenden Geistes einerseits befriedigt, und die anderseits durch stets erneuete Enthüllung dasselbe fortwährend stärkt. Beurtheilt man den Werth einer Wissenschaft nach der Mannigfaltigkeit von Beschäftigungen, die der Geist dadurch bekommt, so erhält die Naturwissenschaft eine der ersten Stellen. Das Bedürfniſs die Natur zu studiren, ist das unschuldigste; der Genuſs, den dessen Befriedigung gewährt, der reinste, und die Freude über neue Entdeckungen die lauterste, wenn der Forscher der Natur wahrhaft ergeben, durch kindliche Hingebung und männlichen Wissensdrang zu ihrem Tempel geleitet wird. — Vergl. m. Einleit. in die neuere Chemie. III. Absch. — F. S. Voigt: von der Wichtigkeit des Naturstudiums und einer zu wenig beachteten Seite desselben. Jena 1817. gr 8.

4) Möglich ist die Selbstthätigkeit auch in der sogenannten leblosen (anorganischen), nur durch Wechselwirkung thätigen (nur gegenthätigen) oder abhängig-thätigen Natur, aber nicht wirklich, und soll sie für dieselbe zur Wirklichkeit gelangen, so bedarf es dazu erfahrungsgemäſs eines schon bestehenden, selbstthätigen (organischen) Naturwesens, welches sich die leblose Natur assimilirend unterordnet. So die Pflanze das Wasser und was diesem verwandt ist, oder die sog. Elemente, etc. vergl. m. Einleit. in d. n. Chem. S. 262 u. f. — Leben als Erscheinung ist weder Masse noch Kraft, sondern Trieb. Uebrigens ist in allen Weltgliedern die Möglichkeit gegeben, gegenseitig einzuwirken, dieser Einwirkung zufolge entsprechende Thätigkeitsveränderungen zu erleiden und hervorzurufen, und mithin den natürlichen Standpunct, den organischen

oder anorganischen Character (nach Maasgabe und Beschaffenheit der von aussen kommenden Aufforderung und der innerlich begründeten Fähigkeit zu folgen) zu wandeln. Die Processe einer solchen Umwandlung der bestimmten Substanz, sind entweder universell oder auf bestimmte Individuen bezogen; wir bezeichnen sie am passendsten durch den allgemeinen Ausdruck: Assimilation, wo wir wieder Assimilationsprocesse des Universums und des Individuums unterscheiden.

5) Dergleichen Verhältnisse des Einzelnen zum Einzelnen und dadurch zum Ganzen, beginnen in der Regel mit Erregungen von Thätigkeiten, die jenen des Erregenden relativ entgegengesetzt sind, und die dann aus den einander relativ Entgegengesetzten ein grösseres Wirkungsganze hervorgehen lassen. Es stören nemlich Alle Naturdinge, indem sie auf- oder ineinander wirken, das Gleichgewicht ihrer Kräfte und bestimmen sich dadurch entweder nur zur Wiederherstellung des verlohrnen Gleichgewichts, welches sich äussert durch Anziehung, oder zugleich auch zur Unterordnung des einzelnen Fremdartigen, zum angehörigen oder eigenen Ganzen, oder zur Ergänzung ihrer selbst, welches zur Erscheinung gelangt in den Phänomenen der Organisation. Vergl. Dr. G. H. Schubert: Ahnungen einer allgemeinen Geschichte des Lebens. Leipzig I. u. II. Th. 1806. 1808. 8. — Dr. K. E. Schelling: Ueber das Leben und seine Erscheinung. Landshut 1806. 8. — Versuch über die organische Natur etc. Wien 1806. 8. — Dr. F. Baader: Beiträge zur Elementar-Physiologie. Hamburg 1797. 8. u. derselbe: über das pythagoräische Quadrat in der Natur, oder die vier Weltgegenden. 1798. 8. Dessen über die Vierzahl des Lebens. Berlin 1817. gr. 8. E. A. Weinhold Versuch über das Leben und seine Grundkräfte auf dem Wege der Experimental-Physiologie. Magdeburg 1817. gr. 8.

§. 4.

Indem der Naturforscher auf diese Weise zur Natur geht, um ihre Geheimnisse zu ergründen, wird er bald inne werden, daſs sie überall gleiche Zwecke durch gleiche Mittel erreicht, und dieselben Erzeugnisse durch dieselben Wechselwirkungen hervorbringt; woraus für ihn, der den zureichenden Grund aller Veränderungen und alles Bestehens in der Natur aufsucht, und dieses Aufsuchen als

Hauptzweck seines Forschens betrachtet, die stets zu beachtende Regel hervorgeht: bei den aus den Veränderungen der Dinge abgeleiteten Folgerungen, die Natur überall auf gleiche Weise wirken zu lassen.

Bemerk. Wie wir in der Folge sehen werden, so zersetzen die beiden Elektricitäten, das + E und das — E, das Wasser in seine beiden Bestandtheile: Sauerstoff und Wasserstoff; dieselbe Zersetzung bemerkt man aber auch von Seiten verschiedener anderer, und zwar gewichtiger Materien, z. B. Eisen, Zink, Mangan etc.; nähere Untersuchung zeigt aber, dafs diese Metalle nicht als solche, sondern vermöge der an ihnen und an dem Wasser, während der Berührung erzeugten oben genannten beiden Elektricitäten, die Wasserzersetzung zu Wege bringen.

§. 5.

Die Fähigkeit des Menschen, über schon gegebene Gegenstände nachzudenken, begründet die Möglichkeit, bei Untersuchung der Natur jener Regel stets eingedenk zu seyn. Von der aufmerksamen Betrachtung der sinnlich bemerkbaren Erscheinungen in der Natur, d. i., von der Wahrnehmung, geht der Naturforscher zur Beobachtung (Observatio) über, indem er das Beständige und Aehnliche der Erscheinungen, durch vielseitig wiederholte Wahrnehmungen aushebt; und er gelangt auf diesem Wege zu Erfahrungen (Experientiae), indem er die Beobachtungen selbst wieder mit einander vergleicht. Je vollständiger hierbei die einzelnen Erscheinungen aufgefafst werden, um so mehr wird die gemachte Erfahrung auf Richtigkeit Anspruch machen können; umgekehrt: je einseitiger die zum Grunde liegenden Erscheinungen bemerkt waren, um so weniger richtig wird die Erfahrung ausfallen. Die Erfahrungen künstlich zu vermehren und zu erweitern, erfordert Talent, Besonnenheit, Ruhe, Ausdauer und Uebung, und ist in der Regel durch solche Erscheinungen möglich, die der Mensch durch eigenmächtige Veränderungen der Natur zu Gunsten seiner Beobachtungen veranlafst, und die man Versuche oder Experimente (Experimenta) zu nennen pflegt.

Bemerk. 1) Vergl. Bac. de Verulamo de interpretatione naturae; a. a. O. S. 264. — T. Bergmann in s. Opusc. phys.-chemic. V. I. in Introduct. — J. G. Zimmermann von der Erfahrung in der Arzneikunst I. II. Zürich 1764. 8. — F. Sennebier l'art d'observer. à Génève 1775. übers. von F. Gmelin. Leipz. 1776. 8. — Carrard l'art d'observer. à Amsterdam 1777. 8. — Ueber die speculative Tendenz der Erfahrnen. Vom Prof. J. Ad. Schmidt in Wien, in Schellings Jahrb. d. Med. I. B. I. H. 91. etc. — Die Kunst, phys. Vers. anzustellen, von dem Herrn Abt Nollet. A. d. F. Leipz. I. II. III.

2) Zur Beihülfe unserer Sinne, und zur Anstellung der Versuche überhaupt, bedient man sich der Werkzeuge (Instrumenta) die man zusammen unter dem Namen des physikalischen Apparats (Supellex physica) begreift; der sich durch Einfachheit und Genauigkeit dem Versuchansteller empfehlen muſs.

3) Alles Aeussere, was der menschliche Geist durch die Sinne empfindet, unter bestimmten Formen anschaut, nennt man im Allgemeinen: Erscheinung, Phänomen (Phaenomenon); im Besonderen und vorzugsweise in Beziehung auf die wahrnehmbaren Dinge nennen wir hingegen nur Erscheinung was sich uns an den Dingen als vorübergehender Sinneseindruck, mithin als »veränderlicher Wahrnehmungswerth« zeigt, davon unterscheidend den während der Wahrnehmung mehr oder weniger »bleibenden Sinneseindruck« den wir in Beziehung auf uns die Gegenstellung, und rücksichtlich seiner selbst, die Beschaffenheit des Dinges nennen möchten. Bei der letzteren fragen wir nur nach der Gegenwart, bei den Erscheinungen hingegen zugleich auch nach der Zukunft des Dinges; d. h. wir bestimmen mit der Beschaffenheit des Dinges seinen gegebenen und bleibenden, mit den Erscheinungen desselben hingegen seinen zu gebenden und vorübergehenden Werth für unsere Sinne, und da Veränderungen eines Naturdinges nur durch Wechselwirkung, und nicht durch Selbständern (§. 1. Bem. 1.) eintreten, so führt die Beachtung der Erscheinungen nothwendig zur Frage nach dem Verhalten des Sich-Aendernden zu jenen ausser ihm befindlichen Dingen, welche durch Ein- und Gegenwirkung die Aenderung herbeiführten. Während also mit der Bestimmung der Beschaffenheiten ausgesagt wird, was ein Ding für sich ist, lehren die Erscheinungen, was das Ding als Gegenthätiges mit anderen Dingen ist, d. h. welche Eigenschaften und Beziehungen das Ding zeigt, indem es auf andere Dinge wirkt, und von diesen Einwirkungen erleidet, d. i. indem es sich ändert; vergl. m. Ein-

leit. in d neuere Chemie. S. 2. Jedes sinnliche Wahrnehmen ist mit mehr oder weniger deutlichen Vorstellungen verknüpft (Vergl. §. 3.). Diesen den höchsten Grad der Klarheit zu verschaffen, ist der Wunsch jedes Naturforschers, in sofern er die Naturerscheinungen zum Gegenstande seiner Untersuchungen macht, und er erreicht seine Absicht, wenn er, durch Vergleichung geleitet, die ähnlichen Erscheinungen möglichst allseitig auffafst, und nicht sowohl mit Hülfe des Witzes, als vielmehr des Scharfsinns, ihre gegenseitige Bedeutung zu durchschauen strebt.

4) Erfahrungen für sich aufgefafst, ohne daraus Schlüsse auf die Natur des wahrgenommenen Gegenstandes abzuleiten, sind ohne Nutzen für die Wissenschaft. Der Naturforscher verbindet vielmehr die einzelnen Folgerungen, um bei einem Schlusse anzugelangen, der alle Umstände der Erscheinung in's gehörige Licht setzt, und auch bei möglichster Abänderung derselben mit keinem in Widerspruch steht. So wird es ihm möglich, aus der letzten Folgerung Regeln für die einzelnen Theile einer Erscheinung abzuleiten, und die Verbindung dieser Theile nachweisend die gesammte Erscheinung zu erklären. Jede richtige Erklärung der Naturveränderungen läfst die Möglichkeit zu, aus den Eigenschaften auf die Beschaffenheiten der Dinge, und umgekehrt zu schliefsen, und verdient, wenn sie dieses leistet, Einsicht in die Natur der Dinge, oder Theorie der Natur genannt zu werden. Selten reichen aber diese Erklärungen der Naturphänomene zu den letzten vorhandenen Gründen, und, um auch hier das Bedürfnifs unseres Geistes zu befriedigen, nimmt man häufig nicht durch Erfahrung oder durch richtige Vernunftschlüsse erwiesene Ursachen als Erklärungsgründe auf. Eine solche Erklärungsart ist dann im Gegensatze der ersteren categorischen eine hypothetische, und nur dann kann eine Hypothese (Ansicht) auf Brauchbarkeit Anspruch machen, wenn sie wenigstens einige wichtige Beobachtungen und Versuche für sich hat, und ungezwungen zur Erläuterung mehrerer analoger Erscheinungen pafst. Sehr häufig führen die Hypothesen, indem sie der vorsichtige unpartheiische Beobachter einer Prüfung unterwirft, zu wichtigen Entdeckungen, und überhaupt ist ihr Gebrauch, bei kluger Auswahl, wenn gründlichere Erklärungen mangeln, mehr nützlich als schädlich. Vergl. G. C. Lichtenbergs Vorrede znr sechsten Auflage von Erxlebens Anfangsgründen der Naturlehre. Göttingen 1794. 8. u. m. Einleit. in d. n. Chem. § 4.

§. 6.

Die blosse Beobachtung der Naturerscheinungen führt in ihren Zusammenstellungen zur Naturbeschreibung (Physiographia) oder uneigentlich sogenannten Naturgeschichte. Die Zusammenstellung wird bewirkt, indem man die Begriffe einzelner Gegenstände unter höhere gemeinsamere bringt, und endlich zu einem umfassenden Begriffe vereint. So bildet man, durch Herausdebung des mehreren Gegenständen Gemeinsamen, die Begriffe der Arten (Species), durch Entnehmung des mehreren Arten Gemeinschaftlichen die der Gattungen (Genera); und auf ähnliche Weise, die der Ordnungen (Ordines, deren Unterabtheilungen die Familien bilden) der Klassen (Classes) und der Reiche (Regna). Die Gesetze der Reflexion schreiben hier den Gang vor; die Absonderung einzelner Merkmale, und die Vereinigung der mit diesen Merkmalen versehenen Gegenstände zu Gattungen, und durch wiederholte Absonderung zu Ordnungen, Klassen u. s. w. liefern endlich ein Register der vorzüglichsten Beschaffenheiten dieser Gegenstände, welches um so vollständiger ist, je mehr die Merkmale auf das Ganze hinweisen, und es so in Erinnerung bringen, dafs sich von einem auf mehrere schliessen läfst. Hat solch eine Zusammenstellung einen hohen Grad von Vollständigkeit erreicht, so wird sie dadurch zum Systeme der einzelnen Gegenstände erhoben, welches um so weniger einseitig ist, je weiter man die Rückführung richtig bezeichnender Merkmale verfolgt hat (je grösser die Zahl der einzelnen Merkmale ist, die sich dem Begriffe eines Merkmals unterordnen), und je mehr es sich der Idee des Ganzen nähert.

1) Vergl. hiemit meine »Vergleichende Uebersicht des Systems der Chemie. Halle 1819. S. 20.« wo ich zu zeigen bemüht bin, dafs Gattungen durch Vorwalten eines einzelnen Entwickelungsmoments entstehen, Richtungs- und -Stärkeverschiedenheit dieses Vorwaltens die Art, Abänderung dieser Unterschiede durch von Aussen gekommene Wechselwirkung die Abart bestimmen, und dafs durch Vorwalten eines Systems von Entwickelungsmomenten (Organen) der Familienkennwerth erzeugt werde.

§. 7.

Verschieden von dieser Anordnung der Gegenstände und deren Begriffe (zur Erleichterung der Uebersicht) ist das Geschäft der eigentlichen Naturlehre (Physiologia.) Diese zerfällt in die allgemeine und besondere, und bezweckt die Auffindung und Bestimmung der Naturgesetze (leges naturae), vergl. §. 2. Bem. 2., und damit sowohl die Nachweisung des zureichenden Grundes als auch des nothwendigen Zusammenhangs aller Veränderungen, oder die Erklärung der Naturerscheinungen (vergl. §. 2. Bem. 1. und §. 5. Bem. 4.).

Bemerk. 1) Das erstere Geschäft (§. 6.), auf wirkliche Naturindividuen angewendet, liefert die Naturbeschreibung oder sog. Naturgeschichte des Menschen, der Thiere, der Pflanzen und der Mineralien; das letztere die Naturlehre oder Physik, welche auf organische Körper angewendet, gewöhnlich Physiologie genannt wird; beide, die Naturbeschreibung und die Naturlehre, sind Theile der Naturkunde (Physica) vergl. §. 2. Bem. 2.

2) Eine eigentliche Geschichte der Natur existirt nur in einzelnen Bruchstücken; hieher gehören die geologischen und geognostichen Untersuchungen, und einzelne Theile der Pflanzen- und Thierphysiologie; wiewohl es sich voraussehen läſst, daſs, wenn es gelingt, die Geschichte ganz zum leitenden Principe der Naturuntersuchung zu machen, diese sowohl an allgemeinem Interesse zunehmen, als auch an innerem Gehalte und ächt wissenschaftlichem Werthe gewinnen muſs. Vergl. das XII Cap. dies. Grundrisses und F. S. Voigt Grundzüge einer Naturgeschichte, als Geschichte der Entstehung und Ausbildung der Naturkörper. Mit 3 Kupf. Frankfurt. a. M. 1817. gr 8. J. G. J. Ballenstedt: die Urwelt, oder Beweis von dem Daseyn und Untergange von mehr als einer Vorwelt. 1. u. 2. Abth. Quedlinburg. 1818. gr 8.

3) Die Naturbeschreibung als solche hat die Beschaffenheiten, die Naturlehre die Eigenschaften der Dinge zum Gegenstande; erstere fragt nach der Gegenwart, letztere nach der möglichen Zukunft und die Geschichte der Natur nach der Vergangenheit der Dinge; s. oben §. 5. Bem. 3.

4) Die mit Hülfe des Verstandes aus den Begriffen gebildeten Urtheile nennt man Sätze; verschieden davon sind diejenigen, deren Wahrheit unmittelbar einleuchtet, und die alles Denken des Verstandes begründend, als Grundsätze (Axio-

mata) von der Vernunft selbst abstammen. Die Nothwendigkeit der in ihnen enthaltenen Bestimmungen kann bis zur Gewifsheit erwiesen, d. h. dem Werthe des persönlichen Bewufstseyns gleich gestellt werden; während bei Sätzen und Lehrsätzen (Theoremata) deren mehrere nur aus der Erfahrung nachgewiesen werden, und deren Gültigkeit durch Schlüsse (ratiocinia) bewiesen wird, nie jene unmittelbare Gewifsheit, sondern nur Wahrscheinlichkeit möglich ist.

§. 8.

Auf diesem Wege gelangt der Mensch nach und nach zur Einsicht der Natur, d. i. zur Erkenntnifs und Darlegung derjenigen Nothwendigkeit (des Bedinglichen oder der Gesetze), nach welcher die wahrnehmbare Natur besteht und sich verändert; er sammelt die aufgefundenen Wahrheiten, und bildet daraus, von der seinem Wesen mehr oder minder bewufst inwohnenden Idee des Ganzen geleitet, ein wissenschaftlich zusammenhängendes Gebäude: eine Theorie der Natur und ihrer einzelnen Erscheinungen, welche seinem suchenden Geiste bei fernerer Forschung zum Leitstern dient.

Bemerk. 1) Die menschliche Einsicht oder Anschauung ist entweder empirisch (Sinnesanschauung) intellectuel (z. B. reine Zeit, reiner Raum in der Mathematik) oder rationell (die Idee des göttlichen Seins). Die empirische Naturwissenschaft, in sofern sie sich im Gebiete der Beobachtung und des Experiments hält, fafst nur auf, was als reine Thatsache erscheint; das Besondere aus dem Allgemeineren deutend, weiset sie auf den nächsten Grund der Erscheinungen hin, und macht diese dadurch zwar klarer, aber erklärt sie streng genommen nicht, denn hiezu wird für jede Gegenstellung und für jede Erscheinung erfordert: die Nachweisung des letzten Grundes, d. i. die Zurückführung auf das Wesen der endlos mannichfaltigen Natur (vergl. §. 2. Bem. 2.).

2) Aber diese Mannigfaltigkelt läfst, weil sie unendlich (und darum eine unversiegbare Quelle des Forschens) ist, nicht zu: jene vollendete Erkenntnifs des Wesens (und damit jene umfassende Einsicht in den Zusammenhang) der Natur, welche der mit der Zeit fortschreitende Mensch zu erreichen als Forscher von ihm selber unaufhaltsam getrieben wird. Daher ist jede Theorie nur für eine Zeit brauchbar und mit jeder einzelnen die Mahnung ausgesprochen: sie zu vervollkommen.

II. ABSCHNITT.

ALLGEMEINE ANGABE DES GEGENSTANDES DER PHYSIK, IHRER GESCHICHTE UND LITERATUR.

§. 9.

Die Menge und Mannigfaltigkeit der Naturerscheinungen, machte es schon seit den ersten Zeiten wissenschaftlicher Naturforschung nöthig, auf gewisse Abtheilungen und Vereinfachungen des Wissens von der Natur bedacht zu seyn, indem auch der vollkommenste Verstand des einzelnen Menschen nicht hinreicht, weder die ganze Natur in allen ihren Entwickelungen und Thätigkeitsformen und nach allen Richtungen zu umfassen, noch viel weniger, auch bei der günstigsten Lage und der längsten Lebensdauer, das Wissen von ihr allumfassend zu erweitern. Daher machte man es zur Regel, in Rücksicht der Vereinfachung, das Wissen in allgemeineres und specielleres zu trennen, indem man letzte Vergleichungen des herauszuhebenden Aehnlichen anstellte, und durch Bemerkung des Unähnlichen das specielle Wissen angab; und aus demselben Grunde setzte man die §. 6—8 bereits erwähnten Abtheilungen der Naturkunde oder allgemeinen Naturwissenschaft (Physiologia, Philosophia naturalis) fest, welche zur noch bequemeren und vortheilhafteren Bearbeitung abermals in Unterabtheilungen gebracht wurden.

Bemerk. 1) Das Wissen von Allem, was objectiv ist, trennt die Schule zunächst in Körper- und Geisterlehre; und den Versuch, die Möglichkeit der Natur aus Principien a priori zu erweisen, die Metaphysik, überläfst sie der Philosophie (vgl. §. 2. B. 2.). Die Geisterlehre (Psychologia) zerfällt in empirische und transcendentale Psychologie, und enthält das Wissen von dem denkenden, selbstthätig Daseyenden.

2) Gegenstand der Psychologie ist die menschliche Seele, als Träger der bewufsten Persönlichkeit, und als einzig vollkommen geistiges Erfahrungsobject unser selbst. Aber auch dieser Theil des menschlichen Forschens und Wissens bedarf der anderen Theile des Naturwissens, namentlich der Physiologie (vergl. §. 3. B. 4.), um für den denkenden Forscher gehörige Bedeutung zu erhalten.

§. 10.

Auf diese Weise theilte man auch die eigentliche Naturlehre (vergl. §. 7.) in Physik und Chemie, ohne jedoch beider Grenzen genau bestimmen zu können. Begreift man unter Physik, im engsten Sinne, nur das Wissen derjenigen Veränderungen und Erfolge, die aus dem Aufeinanderwirken der Dinge hervorgehen, und überläfst der Chemie die Untersuchung der Veränderungen und Erfolge bei wirklicher Ineinanderwirkung; so wird man entweder gezwungen, Erscheinungen in ihrem Fortgange zu unterbrechen, die durch den Verfolg dieses Fortganges erst aufgeklärt werden sollen; oder genöthigt, bei zu untersuchenden Phänomenen, den eigentlichen Anfang zu übergehen, und in der Mitte oder gegen das Ende der Thätigkeitsäusserungen zu beginnen; mithin in beiden Fällen unverständlich. Besser gewählt scheint diejenige Begriffsbestimmung der eigentlichen Physik und Chemie zu seyn, welche das allgemeinste Naturphänomen: die Anziehung des Gegenwirkenden aushebt, und nun der Physik die Betrachtung der Anziehungen in mefsbaren Fernen, der Chemie die Untersuchung der Anziehungen in unmefsbaren Fernen zuweist; aber genügend ist sie ebenfalls nicht. — Betrachten wir dagegen die Naturlehre als die Lehre

von den (nothwendigen oder gesetzmäfsigen) Veränderungen der Naturwesen, so zerfällt sie in die 1) Lehre von dem Gemeinsamen der Veränderungen mehrerer oder aller gegenthätigen natürlichen Dinge, oder eigentliche Physik, 2) Lehre von dem Besonderen in den Veränderungen der einzelnen gegenthätigen Naturwesen, oder Chemie, und 3) Lehre von dem Eigenthümlichen in den Veränderungen einzelner oder aller selbstthätigen Naturwesen oder Physiologie. Für den, der auf dem Wege der Selbstforschung die Wissenschaft zu pflegen strebt, existirt die Trennung in einzelne Lehrzweige nur in so weit, als wie sein eigenes Talent ihn für die Förderung des einen oder anderen Theils geschickter macht; die Resultate seiner Untersuchung wird er als ächter Naturforscher stets denjenigen der übrigen Theile anzuknüpfen sich bemühen.

Bemerk. 1) Im obigen Sinne steht die Naturlehre, als Wissenschaft von dem Werdenden entgegen der Betrachtung und Vergleichung des Gewordenen (Bestehenden, Nicht - in - Veränderung - Befangenen), d. i. der Naturbeschreibung, und die ganze Naturwissenschaft zerfällt in die Wissenschaft von dem Vergangenen (Geschichte der Natur) Gegenwärtigen (Beschreibung der Natur) und Zukünftigen (Naturlehre: Darlegung des Möglichen in der Natur) der Naturwesen; vergl. oben §. 7. Bem. 3

2) Als Anziehungen in mefsbare Fernen werden wir in der Folge z. B. die Erscheinungen des Magnetismus, der Electricität und der Schwere kennen lernen; zugleich aber auch nachweisen, dafs vorzüglich die electrischen Wirkungen ohne Kenntnifs der chemischen unverständlich sind; so wie bei den chemischen (entweder mischenden oder zersetzenden d. h. entweder aus mehreren Ungleichartigen weniger Gleichartige, oder aus wenigeren Gleichartigen mehrere Ungleichartige erzeugenden) durchaus die Würdigung aller in bestimmten Fernen darstellbaren Anziehungen vorausgehen mufs. Gleich unverständlich sind die Untersuchungen der Adhäsion (Anhaftung oder Anziehung der Flächen) der Cohäsion (Zusammenhaltung) Krystallisation u. s. f., wenn sie nicht von der Kenntnifs des Magnetismus und der chemischen Mischungskräfte begleitet werden.

3) Sowohl die Physik als auch die Chemie (und Physiologie)

ist stets mit mehr oder weniger Naturbeschreibung durchwebt, weil es unmöglich ist, den Erfolg einer Thätigkeitsäusserung und diese selbst darzustellen und für Andere anschaulich zu machen, wenn nicht die in Thätigkeit begriffenen Glieder vor, während und nach der Thätigkeitsäusserung genau beschrieben werden. Dieses innige und stete Ineinandergreifen aller Theile der Naturkunde dient zum wirksamsten Mittel: solchen einseitigen Ansichten und Folgerungen, welche aus zu streng gehaltener Trennung der Theile entspringen, einen Damm entgegen zu setzen.

§. 11.

Die Lebensbedürfnisse der Menschen haben schon frühe zu Kenntnissen von der Natur geleitet, aber wie mannigfach und zahlreich auch die Phaenomene waren, zu deren Kenntnifs man auf diesem unwissenschaftlichen Wege gelangte, so würden sie doch für uns fast bedeutungslos gewesen seyn, wenn sich nicht schon in ferner Vorzeit Männer der ächten Naturforschung gewidmet hätten, welche, die Mühe des Sammelns der zerstreuten einzelnen Beobachtungen nicht scheuend, mit hellem Geistesblicke ihrem innern Wissensdrange Genüge zu leisten strebten, und des erhabenen Berufes, nach Wahrheit zu forschen sich bewufst, jene höhere Kenntnifs der Natur entkeimen liessen, die aus dem Oriente abstammend, späterhin, vorzüglich in den letzten Jahrhunderten von tüchtigen Forschern des Abendlandes gepflegt, jetzt Knospen treibt, deren Fülle einer erfreulichen Zukunft entgegen sieht, wo zum Gemeingut aller Völker erhoben, herrlich und schön erblühen wird, was Jahrtausende zu entwickeln strebten.

Bemerk. 1) So wie bei Erfahrungswissenschaften an keine Anordnung zu denken ist, welche derjenigen in der Mathematik gleich käme, und nur das Streben nach dem in der Mathematik vorgehaltenen Ideale, das Höchste ist, was der Systematiker hier vermag; eben so wenig ist auch eine räsonnirende (pragmatische) Geschichte, weder der Chemie noch der Physik, noch überhaupt der Naturwissenschaft als Erfahrungswissenschaft möglich. Während in der Mathematik die Erfindungen, der Geschichte gemäfs, aus einander entwickelt werden können,

und sich um zwei Hauptmomente, um die (ältere) Geschichte der geraden, und um die (neuere) der krummen Linie bewegen; erblickt man, die Geschichte der gesammten Naturkunde verfolgend, sehr häufig zufällige, zu ihrer Zeit sonst beziehungslose und deshalb oft viele Jahre hindurch übersehene Entdeckungen, neben einigen wenigen, auf wissenschaftlichem Wege gewonnenen. Aus den heterogensten Quellen, in den vielartigsten Richtungen, werden die Entdeckungen der früheren Zeit dem achtzehnten Jahrhunderte dargeboten, und erst hier beginnt durch allgemeines Einversändniſs ein rein wissenschaftlicher Pfad sich zu öffnen.

2) Nichts destoweniger finden wir indeſs Spuren einer sehr alten Naturweisheit, welche jene Meinung in Schutz zu nehmen scheinen: daſs zur Zeit, als der Mensch aufhörte, ganz mit der Natur im Einklange (ihr vollkommen hingegeben, und sich ihrer als Organ eines höhern Ganzen bewuſst) zu leben, zur Zeit beginnender Reflexion, gleichsam als Erinnerung noch Naturkenntnisse (späterhin in den Mysterien, besonders der Aegyptier aufbewahrt) vorhanden waren, welche eine Zeit hindurch vergraben von der späteren Nachwelt, mehr oder weniger durch Bedürfniſs und Zufall unterstützt, wieder hervorgesucht wurden — So wie die Musik die älteste unter den Künsten ist, so wird man auch genöthigt, die Astronomie (Sternkunde) als die älteste Wissenschaft anzuerkennen. Denn wenn auch (in einem sehr alten indischen Gedichte) Spuren botanischer Kenntnisse vorkommen, wenn die Kenntniſs einzelner Steine und Metalle sich in's graue Alterthum verliert, und wenn auch schon sehr frühe merkwürdige Ansichten über das Feuer, den Aether, das Licht u. s. w. (in Bhogovotgita) vorhanden sind; ja, wenn selbst einer, der erst in neuesten Zeiten wissenschaftlich bearbeiteten Theile der Naturkunde, die Geognosie in einigen nordischen Sagen (in einer von jenen, welche sich in der Isländischen Edda finden) ein hohes Alter verräth; so bietet doch die Astronomie die deutlichsten Belege ihres frühesten Entstehens dar; um so mehr, da jene Belege in einer Vollkommenheit angetroffen werden, welche auf eine Anfangszeit schliessen läſst, die sich in den fernsten Momenten der Geschichte des Menschengeschlechts verliert. Dahin gehören einige Data aus der Geschichte vorzüglich asiatischer Völker; so z. B. nennt die Geschichte von China einen König Hoangti (der im fünften Jahrtausende vor unserer Zeit gelebt haben soll) und seinen Minister Yuchi als berühmte Astronomen, von denen der letztere den Polarstern bestimmt, und die Sphäre erfunden haben soll. Eben so wird der seiner

astronomischen Kenntnisse wegen vom Volke auf den Thron erhobene König Chueni als Urheber der ersten den Chinesen bekannten astronomischen Tafeln genannt. Dahin verdienen ferner (nach Bailly) die indische Beobachtung der Schiefe der Eclyptik und der dazu gehörigen Tageslängen: die alte Annahme der Mondsgebirge, die Kenntnifs der Milchstrafse als Sternenaggregat, die Kenntnifs der Umlaufszeit der Weltkörper, ihre Perioden, ihre wahre Gestalt, und die ältesten astronomischen Beobachtungen des Berosus (fast 5000 Jahre vor unserer Zeit) gezählt zu werden. Der jüdische Geschichtschreiber Josephus behauptet von den Patriarchen den Besitz ähnlicher hoher Kenntnisse der Natur, besonders in der Astronomie, wovon bei den späteren Juden keine Spur angetroffen wird. Die tibetanischen Astronomen kannten die vier Jupiterstrabanten aus alter Ueberlieferung, und staunten, als sie späterhin durch Europäer in den Stand gesetzt wurden, jene Trabanten mit dem Telescope wirklich zu sehen Es wäre leicht, die Zahl ähnlicher Belege zu vermehren; mögen diese einstweilen nur zur Bestätigung obiger Meinung dienen; alle deuten wohl auf jene tiefe Vergangenheit wo Naturforschung und besonders Astronomie, zur Hauptangelegenheit der Herscher erhoben, nicht, wie jetzt, Einzelne beschäftigte, sondern vielmehr der Sorgfalt der Vertreter ganzer Völker Preis gegeben war. Das Antike verschwand aber überhaupt nach und nach, und gab dem Modernen Raum. Das alte Verhältnifs zwischen Herrscher und Sclave wurde in der Strenge seines Gegensatzes gemildert; die Macht des eigenen Willens in allen Gliedern der Menschheit mehr und mehr entwickelt, und der Willkühr jedes Einzelnen überlassen, was sonst gemeinschaftliches Streben war. Das frühere Wissen von der Natur geht nach und nach durch Erdichtungen und Irrthümer Einzelner verloren, um auf einem, dem früheren ganz entgegengesetzten Wege, in der neueren Zeit des Handels und der Gewerbe, wieder zu Tage gefördert zu werden. Sonst lebte Kunst und Naturweisheit im innigsten Bunde, jetzt sind beide getrennt, und die Naturforscher verkehrte Künstler: das Einzelne im fernsten Detaille verfolgend, um späterhin zum Ganzen zu gelangen. Die neueste Zeit endlich versucht es, auf der ihr eigenthümlichen Weise, die Wiedergeburt der alten Vergangenheit in dieser Hinsicht wieder zu erwecken; und die Mächtigen und Grossen der Erde verschmähen es nicht, ihren Willen und ihre Kraft dieser schönen Zukunft zum Opfer zu bringen.

3) Als älteste Aufgabe aller Wissenschaft findet sich bei den Griechen die φύσις, natura, die Erzeugung aller Dinge. Später-

hin aber, als die Schule des Sokrates bestimmte Scheidungen in der Philosophie unternimmt, setzt man der Logik oder der Lehre von den Gesetzen des Denkens zur Seite, die Physik als Lehre von der Natur der Dinge, und die Ethik als Lehre vom höchsten Gut. Wie Geistiges und Leibliches durch die Gottheit werde und geworden, sollte hiernach Erforschungsgegenstand der Physik seyn, aber die Betrachtung und Untersuchung wandte sich sehr bald zu dem Greifbaren, Sinnlichwahrnehmbaren, mehr und mehr die Erforschungen des Geistigen aus dem Gebiete der Physik verweisend, und in neueren Zeiten, (besonders seit Decartes) die Nothwendigkeit der wissenschaftlichen Scheidung beiderlei Arten von Untersuchungen mehr oder weniger streng beachtend; wie sich aus nachstehendem gedrängtem Berichte ergeben wird.

4) Die Geschichte der eigentlichen Physik zerfällt ohngefähr in folgende Hauptmomente: Thales von Milet, eingeweiht in die Mysterien der Aegyptier, brachte nach Griechenland jene tieferen Kenntnisse der Natur, von denen unter andern sein Versuch: die Naturerscheinungen unabhängig vom Einflufse der Götter, aus gegenseitigen Bestimmungen der Naturwesen zu deuten und seine philosophische Ansicht der Gesammtverhältnisse aller Naturveränderungen zeugt, der zu Folge er die körperliche Einheit der Dinge durch das Wasser vertreten, und alle Verschiedenheit in der Natur als aus einem Einfachen entwickelt darstellt. Indessen waren Griechenlands Forscher jener Zeit nicht geeignet, jene Ueberlieferungen in ihrer Reinheit zu erhalten; ihre eigenen abweichenden Vorstellungen jenen Forschungsresultaten einbildend, wurden diese getrübt und bald unkenntlich. Schon die Schüler und Nachfolger des Thales (der ohngefähr im J. d. W. 3402 lebte) unter andern Araximenes, dichteten die Natur nach ihrer Weise. Die Erde hielt A. für eine platte Scheibe, und das Gewölbe des Himmels für eine undurchdringliche Veste. Während bei andern Völkern die Kenntnifs der Umlaufszeit der Weltkörper, die der Perioden etc. als längst bekannt erschienen, müheten sich die Griechen Jahrhunderte hindurch vergeblich ab, nur die eigentliche Dauer des Jahres auszufinden, ohnerachtet man so wenig bei diesen Griechen, als bei jenen Völkern (Indiern, Aegyptiern, Persern, Chaldäern u. s. w.) Mangel und wachsendes Bedürfnifs als einzige erste Lehrerinnen, als nothwendigen Grund zunehmender Kenntnifs (wie man dieses gewöhnlich vermeint) anzunehmen berechtigt ist. Aus ähnlichen Weisheitsschulen, wie die, woraus Thales schöpfte, zurückkehrend, versuchte es Pythagoras (3475)

nochmals, die höchsten Beziehungen und die gegenseitige Bedeutung des Raumerfüllenden auszusprechen; aber übertriebene Erklärungssucht und eingebildete Speculation, verunstalten auch hier in den Händen seiner Schüler das von dem Meister errichtete Lehrgebäude. Ihm folgt Demokrit (3500), Platon (3638), dessen erhabene Philosophie auf die wissenschaftliche Kenntniſs der Natur zunächst geringen Einfluſs hat; Aristoteles (3664) der die Grundverhältnisse der Körper (nach früheren, vielleicht schon vorhellenischen Ueberlieferungen) gleich wie Empedocles und Xenophanes, in seinen sogenannten vier Elementen, andeutete, dem Wahrnehmen der Natur durch in sich geschlossene Anordnung des Wahrgenommen wissenschaftliche Form gab, und selbst zuerst ganze Abtheilungen der Naturkunde zu bearbeiten sich bemühete. Kleostratus, dem die Einführung des neunzehnjährigen Mondcyclus zugeschrieben wird. Epikur (3900) und die Stiftung der Schule zu Alexandrien, wo Astronomie, vorzüglich aber Mathematik, bedeutend vervollkommnet werden. Beweise stellen die hinterlassenen Werke eines Euklides (300 J. vor C. G.), Hipparchus (160 v. C. G.), Ptolomaus (im 2. J. nach C. G.). Vorzügliche Verdienste erwirbt sich um die Mathematik und mathematische Physik Archimedes (250 J. v. C. G.). So wie die Römer überhaupt die von den Griechen erhaltenen Wissenschaften wenig oder gar nicht tiefer begründen und nur sehr mässig erweitern, so werden auch die Naturwissenschaften, und namentlich die Physik, nur unbedeutend vervollkommnet. Die vorzüglichsten hierher gehörenden Forscher sind: Titus Lucretius Carus (im J. d. W. 3931.), Lucius Annaeus Seneca (im J. 65 nach C. G.) und Cajus Plinius Secundus (im J. 79 nach C. G.). Mit dem Verfalle des römischen Reichs geht auch nach und nach die wissenschaftliche Naturforschung unter, und die kabbalistische und gnostische Philosophie, so wie zum Theil die der Neuplatoniker befördern den Sturz derselben. Nur bei den Arabern erhalten sich noch mathematische und astronomische Kenntnisse, die mit chemischen Untersuchungen vereint, vom 9. Jahrhunderte nach C. G. an, einer erneueten Bearbeitung entgegehen sehen. Schon früher entkeimte hin und wieder bei wachsendem Bedürfnisse der Wunsch, das Gold zu erzeugen; gepflegt von dem Bestreben, dem menschlichen Körper eine grössere Dauer (durch Kenntniſs der Bestandtheile des Goldes) stete Jugend und Schönheit zu verschaffen, reifen die jenem Wunsche gemäſs entstandenen Versuche, durch irrige Speculation nach und nach zu einer Art von Wissenschaft, die im vierten Jahrhunderte von

den Neuplatonikern, unter der Benennung: Alchemie aufgeführt wird. Man glaubt an Verwandlung der Metalle, vermeint die unedleren durch Zeitigung in edlere zu verändern, vernachlässigt fast ganz die übrigen Zweige der Naturkunde, und läfst endlich eine Bearbeitung derselben hervorgehen, die (keine Aufopferung scheuend, um das gewähnte so versteckt scheinende Ziel zu erringen) dem Ganzen einen verworrenen mystisch-dunkelen Character ertheilt. Den Arabern wird die Neigung zu alchemistischen Versuchen von den späteren Griechen übertragen, und hier durch Theosophie, durch Vorliebe für das Wunderbare, Unbegreifliche, und durch lebhafte Phantasie, nach mancherlei Richtungen und auf die seltsamste Weise gepflegt. Im 10ten Jahrhunderte erreicht diese Periode ihre höchste Entwickelung, und nun fäng man an, die alchemistischen Beobachtungen bei Aryneibereitungen zu benutzen. — Ohnerachtet durch den Einfall der nordischen kriegerischen Völker in's römische Reich, im 5ten Jahrhunderte nach C. G., die ohnedies nicht gediegene Naturkunde ausserordentlich leidet, und bis zum 14. und 15ten Jahrhunderte fast alle Forschung unter bleiernem Drucke seufzt: so gehen doch einzelne Erfindungen hervor, die sehr bald von Wichtigkeit werdend, mit dazu dienen, die Beobachtung und Experimentaluntersuchung zum leitenden Princip zu erheben. Vorbereitet wird diese Periode bereits im 13ten Jahrhundert, indem jene Zeit es ist, in welcher man wieder beginnt Aristoteles Schriften, und unter diesen seine physikalischen Bücher zu schätzen; Alexander Halesius, Thomas Aquinas und Albertus Magnus empfehlen sie dringend, und halten nur den für weisheitsvoll, der sie gelesen und verstanden; aber die Zeit selbst ist noch zu sehr in dem poetischen Frühleben der asiatischen Menschheit befangen, und wie nüchtern und gemüthlos auch die Scholastik mit unklarem Nachgrübeln sich ihr entgegensetzt, so unterdrücken dennoch Aberglaube und Wahn fast jede bessere Regung tieferen Nachdenkens und scharfsinniger Vergleichung. So ergeht es den Beobachtungen Roger Bacon's über verschiedene meist chemische Naturveränderungen; so zum gröfsten Theile auch den Versuchen eines Vitellius über das Licht und über die Strahlenbrechung. Zu den einzelnen Erfindungen gehören jene des Compasses, der Brillen, des Schiefspulvers, und einiger chemikalischer Apparate. So viel auch dieser neue sich vorbereitende Gang der Forscher durch die spitzfündigen scheinbar philosophischen Untersuchungen der Scholastiker (Schulweisen) gehemmt wird, so müssen diese endlich, nachdem sie den

menschlichen Verstand von den Spielen des Witzes mit ernsten Gegenständen zur scharfsinnigen Verfolgung derselben geleitet haben, selbst dazu dienen, die glücklichere Periode der Physik vorzubereiten. Auch selbst die alchemistischen Versuche trugen hiezu bei, sowohl durch die Menge neuer Erscheinungen, welche sie dem Beobachter darboten, als auch durch die Folgerungen zu denen sie, in Verbindung mit andern Phänomenen, einzelne Forscher leiteten. Hieher gehören die Ansichten der älteren Chemiker und der Alchemisten über Licht, Feuer, Wärme, Anziehung u. s. w.; ferner die Annahme besonderer Elemente, die als Bilder ganzer Reihen von Thätigkeitsformen und gegenseitigen Körperverhältnissen angesehen werden können, und worin sich öfters mehr Sinn und umfassender Tiefblik findet, als in manchen neueren Spielen des Witzes mit Grundkräften der Materie, oder mit entgegengesetzten Principien, Polaritäten u. s. w. wiewohl auch jene Bilder für die jetzige Stufe der Physik und der Naturkunde überhaupt, den Stempel der Beschränktheit tragen. — Endlich, nachdem sich der menschliche Geist im Kreise leerer Spitzfündigkeiten lange genug herumgedreht, nachdem der nordische Barbar in unwissender Verehrung und Nachäffung des Aristoteles, vergeblich gestrebt: Griechenlands hohe Poesien und den kühnen Flug seiner Philosopheme zu erreichen, und so aus Mangel an Feinheit des Sinnes in trockne Grübeleien versunken ist; endlich erringt der forschende Geist die neuere wissenschaftliche Methode der reinen Beobachtung und des strenge verfolgten Experiments; eine Methode, deren Einflufs nicht blofs die Wissenschaft, sondern in bedeutenden Veränderungen den Handel, die Gewerbe und fast alle damaligen bürgerlichen Verhältnisse der Menschen neu gestaltend trifft. Vollkommen verschieden von dem des Alterthums, fast entgegengesetzt, wird jetzt die Richtung, welche der Gang der Cultur nimmt. Die Erfindung des Schiefspulvers setzt für immer die Grenzscheide alter und neuer Zeit, und aus den politischen Umwälzungen, welche jene Erfindung zur Folge hat, erwächst dem bürgerlichen Leben und der Schule nach und nach eine neue Form, deren Entwickelung fortan unaufhaltbar ist, da die Erfindung der Buchdruckerkunst der geistigen Mittheilung freie Bahn geöffnet. — Nicolaus Copernicus (geb. 1472. starb 1543), durch das Studium der Alten vorbereitet, eröffnet die Bahn, und unter den Lehrbüchern der Naturkunde welche die neue Zeit hervorbringt, zeichnet sich Philipp Melanchthons physikalisches Lehrbuch durch Klarheit der Sprache, Schärfe der Begriffsbestimmungen und gefällige Anordnung des Gegen-

standes vortheilhaft. Zwanzig Jahre später giebt HAVENREUTER die physikalischen Vorlesungen des JOHANN VELKURIO und bald darauf seine eigenen physikalischen Einleitungen heraus. Gleichzeitig, wie in Deutschland die neue Methode der Wissenschaft sich gültig zu machen strebt, erblüht in Italien unter RAPHAELS Lehrer und seinen Zeitgenossen die neue Kunst. — COPERNICUS zeigt das Unhaltbare der ältern Weltordnung, und stellt das noch gegenwärtig als wahr anerkannte Sonnensystem an deren Statt, indem er die Axendrehung der Erde und der übrigen Weltkörper des Sonnensystems erweist. Gegen ihn sucht späterhin TYCHO DE BRAHE (gebor. 1546. st. 1601.) die ältere PTOLOMÄIsche Weltordnung in Schutz zu nehmen, wiewohl ohne Erfolg. Die Experimentaluntersuchung mit Nachdruck empfehlend und das Unhaltbare der Schulweisheit (scholastischen Philosophie) zeigend, ermuntert FRANZ BACON VON VERULAM (geb. 1560. st. 1626.) seine Zeitgenossen mit dem glücklichsten Erfolge. Man fängt an, der altgriechischen Philosophie wieder mehr Geschmack abzugewinnen, und gegen Ende des 16ten Jahrhunderts häufen sich nach und nach die lichteren Strahlen wissenschaftlicher Forschung, und setzen so die kommende Zeit in den Stand, mit Geist und ächtem Eifer das wieder beginnende Werk fortzuführen. AUREOL. PHILIPP. PARACELSUS von Hohenheim (geb. 1493. st. 1541.), ein genialer Kopf, ganz im Character seiner Zeit auftretend, giebt der Chemie (durch Einführung chemischer Arzneimittel) und somit auch der Physik ein vielseitigeres Interesse und einen folgereichen Schwung. Chemie und Physik werden jetzt allgemeiner cultivirt, und von mehreren Seiten stehen kraftvolle, tiefblickende Männer auf, voll Enthusiasmus für die Wissenschaft, und mit glühendem Eifer für ihre wahre Begründung und Erweiterung erfüllt. Fast jeder verfolgt seinen Weg auf eine originelle Weise, und strebt, seine Ansicht und die Resultate seines Forschens gültig zu machen; es bedarf hiezu der Entscheidung eines ungezweifelten Richters, und es werfen sich, von BACON gepredigt, die Beobachtung und das Experiment zum leitenden Principe auf. Zwei Männer von hoher Genialität und von gediegenem Wahrheitseifer beseelt, treten zunächst in die Schranken; und den Preis, den sie erringen, hat bis auf unsere Zeiten die Nachwelt nur bestätigt. GALILEO GALILEI (geb. 1564. st. 1642.) in Italien, und der gröſste Naturforscher seiner Zeit, der glückliche Seher JOH. KEPLER (geb. 1571. st. 1631.), ein Deutscher, zeigen auf eine überraschende Weise, zu welchen Resultaten die neue Methode führt. Ihnen folgend, verdienen PETER GASSENDI (geb. 1592.

st. 1655.), Willebrod Snellius (geb. 1591. st. 1626.), Renat. des Cartes (geb. 1596. st. 1650.), Evangelista Torricelli (Erfinder des Barometers 1643, geb. 1618. st. 1647.) Otto von Guerike (Erfinder des Luftpumpe 1650 und der Elektrisirmaschine, geb. 1602. st. 1686.), Dörfel, Rob. boyle (geb. 1626. st. 1691.), Joh. Chr. Sturm (geb. 1635. st. 1703.), J. Mayov, J. Holland, Glauber, Kunkel von Löwenstern, Lemery, Jungken, Becher, W. Homberg, Gottfr. Wilh. Leibnitz (geb. 1646. st. 1716.) und ISAAC NEWTON (geb. 1642. st. 1727.) genannt zu werden. — Schon in früher Jugend versuchte es Newtons seltenes mathematisches Talent, seinem scharfsinnigen Vorgänger Galilei folgend, jenes, was Keplers Genie zur weiteren Ausarbeitung der Nachwelt überliefert hatte, mit eisernem Fleifse und achtungswerther Gründlichkeit durchzuführen. Aber noch sind in Keplers Gebäude Seiten vorhanden, deren Bearbeitung der Zukunft Preis gegeben ist. — Schritt für Schritt durchforschste Newton (vergl. Link's Natur und Philosophie. S. 267. u. f.) sein Gebiet, ohne über die Grenzen hinauszustreben, ehe er das Innere genau kannte. Weder das Allgemeine für das einzig zu erforschende, noch das Besondere für das Allgemeine haltend, und eben so wenig vom Besonderen zum Allgemeinem raschen Sprunges übergehend, schreitet Neuton nur bedächtig fort, und findet so zuvörderst das Gesetz der Trägheit oder der Beharrung, dasselbe seinen ferneren Untersuchungen an die Spitze stellend. Er zeigt, dafs die Veränderung der Bewegung sich verhält wie die bewegende, dem Körper eingedrückte Kraft, und dafs sie erfolgt nach der Richtung jener Kraft; ein Gesetz, das hundert Jahre später La Place aus der Erfahrung beweifst, indem derselbe zeigt, dafs die eigene Bewegung der Erde alle übrigen Bewegungen auf ihr nicht stört, und mithin jede Bewegung gänzlich abhängig ist von der Kraft, wodurch sie bewirkt wurde. Newton läfst das Gesetz ganz ohne Beweis, folgert aber daraus, dafs sich die Bewegungen gleich den Kräften, wodurch sie bewirkt wurden, summiren, abziehen und auf mannichfaltige Weise verbinden lassen. Aendert die Materie nichts in den Bestimmungen von Bewegung und Ruhe, d. i. in der Geschwindigkeit und Richtung, so müssen diese letzteren gänzlich von der Kraft abhängen, welche sie verursacht. Newton stellt ferner als Bewegungsgesetz auf, dafs die Wirkung der Gegenwirkung stets entgegengesetzt und gleich sey (wiewohl er selber nicht häufig davon Gebrauch macht) und indem er den Wiederstand der Materie erwägt, verbindet er das Gesetz der Trägheit mit

jenem der mechanischen Undurchdringlichkeit, die ihm gleich bedeutend ist, mit der beharrlichen Ausdehnung der Materie (während Kant späterhin zeigt, dafs die Materie durch ausdehnende Kraft wiederstehe). Nachdem Newton die Gesetze der Bewegung auseinander gesetzt hat, sucht er die Zusammensetzung der Bewegungen zu construiren, ohne jedoch, so wenig wie seine Nachfolger, Beweise für diese Grundlehre der Mechanik zu geben. Zu seinen gröfsten Entdeckungen gelangt er aber, durch die von ihm zwar nicht erfundene, jedoch vorzüglich ausgebildete Methode, die krummmen Linien anzusehen, als beständen sie aus unendlich vielen geradeu Linien; und Newton wie Leibnitz, jeder für sich erfinden die Fluxions- und Differential-Rechnung. Newton zeigt nun, wie gemäfs der Trägheit, kein Körper durch eine Kraft getrieben, eine krumme Linie beschreiben könne, sondern wie dazu wenigstens zwey Kräfte, die Tangential- und die Centripetalkraft erfordert werden. Er sucht nun das Verhältnifs der letzteren Kraft, nach dem Abstande des Körpers von dem Schwer- oder Ziehpunkt innerhalb der krummen Bahn, und findet, dafs sich die Centripetalkraft in jedem Kegelschnitte verkehrt verhält, wie das Quadrat der Entfernung, wenn nemlich jener Punkt in einem Brennpunkte des Kegelschnitts liegt. Da nun Keppler bereits gezeigt hatte, dafs die Planeten sich in Ellipsen bewegen, in deren einen Brennpunkte sich die Sonne befindet, so war die Anwendung von obigem Gesetze auf die Planeten leicht, wonach die Schwerkraft mit der Centripetalkraft verglichen wurde; wiewohl Newton noch auf eine andere, nur mathematische Weise zu jener Vergleichung gebracht wurde. Wenn der Punkt, wonach die Centripetalkraft gerichtet ist, von dem in der Ellipse bewegten Körper sich unendlich weit entfernt, folglich alle Linien von diesem Körper, wo er sich auch in der krummen Linie befinden mag, zu jenem Centrum gezogen, einander parallel sind, so wird die krumme Linie eine Parabel. Galilei's frühere Entdeckungen über die Bewegung der geworfenen Körper in einer Parabel, dienten dazu Newton alle diese Erscheinungen verknüpfen und auf ein gemeinschaftliches Princip zurückführen zu lassen. So erhob sich Newton zur Theorie der allgemeinen Schwere oder Gravitation, während er zugleich die Phänomene der Beugung, Brechung, Reflexion und Farbenzerstreuung des Lichtes (mittelst des Prisma) einer genauen Prüfung auf dem Wege des Experiments unterwarf. Für den chemischen Theil der Physik macht nun besonders

Ernst Stahl, durch den Versuch eines Systems der chemischen Erscheinungen Epoche. Bemerkenswerth sind in dieser Periode die Bemühungen eines Geoffroy, Reaumur, Baume, Sage, Lewis, Scopoli, Landriani, Lowitz, Wiegleb, Marggraf, J. F. Mayer, J. C. P. Erxleben, Wenzel, Boerhave, Macquer, Laz. Spalanzani, und vorzüglich J. Black (geb. 1728. st. 1799.), Jos. Priestley, Torbern Bergmann, Carl Wilh. SCHEELE (geb. 1742. st. 1786.) und Lichtenberg. — Bergmanns Bemühungen, die Erscheinungen der chemischen Anziehung auf bestimmte Gesetze zu reduciren; Priestley's und Scheele's zahlreiche Entdeckungen, und Lichtenbergs scharfsinnige Beurtheilungen gewähren der wissenschaftlichen Gestaltung der Physik entschiedene Vortheile. Die Untersuchung der Luftarten worin sich Priestley hauptsächlich bleibende Verdienste erwirbt, eröffnet den Arbeiten der Chemisten ein ganz neues Feld, und dient (als pneumatische Chemie) sehr bald dazu, für die gesammte Naturkunde eine neue Metamorphose herbeizuführen. L. LAVOISIER (geb. 1743. st. 1794.), das Verhältnifs des brennenbefördernden und athembaren Theils der atmosphärischen Luft gegen alle brennungsfähigen Substanzen bestimmend, zeigt die Nichtigkeit des Grundes, worauf Stahl sein System und seine Theorie der Verbrennung stützt, und versucht es in einer neuen Theorie, die auf genaue Versuche gebaut ist, der Chemie ein neues (das sogenannte antiphlogisische) System zu geben. Genauigkeit in Rücksicht des Gewichts und in Bestimmung der Qualitäten, wird jetzt (1787.) zum ersten Grundsatz aller Experimental-Untersuchung erhoben, und zieht bald die glücklichsten Folgen nach sich. Schon früher waren durch die Bemühungen eines William Gilbert (gegen das Ende des 16ten Jahrhunderts), Aepinus, Boyle, Newton, du Fay, Nollet, Watson, Wilson, Benj. Franklin, Wilke, R. Symmer, Priestley, Bergmann, Brugmans, v. Kleist, Gray (1728), Kratzerstein, Karsten, Cuthberson, Adams, Canton, Bohnenberger d. ä., Cavallo, van Marum, Saussure, CAVENDISH, Miller, Beccaria, W. Henley, Achard. Ingenhousz, a Bennet, Coulomb, Richmann, de Luc, Winterl, Lichtenberg, VOLTA u. v. a. die magnetischen und electrischen Erscheinungen vielfach untersucht worden, und eben schien man bei dem Resultate ankommen zu wollen, dafs die chemischen Phänomene mit den genannten in nothwendiger Verbindung stehen, als diese Vermuthung durch eine der glänzendsten Entdeckungen des achtzehnten Jahrhunderts, durch den Galvanismus, zur Bestätigung gelangte, die von A. Galvani (st. 1799) eröffnet,

nach Erfindung der galv. Säule durch Volta, von allen Seiten Bearbeiter und Verehrer erhielt, und endlich durch Voltas, Pfaffs, Ermanns, Ritters, v. Humbold's, Davy's, Configliachi, Singer, Parrot und Berzelius Versuche ganz bestimmt zu jenem Resultate sowohl, als wie zu den bedeutendsten Aufschlüssen in den Erscheinungen des allgemeinen Lebens der Erde und der Organismen führte. — Den Bemühungen Lavoisiers schlossen sich bald die der meisten übrigen Chemiker an, von denen wir hier nur Guiton Morveau, Fourcroy, Vauquelin, Chaptal, van Mons, Pelletier, Chenevix, Henry, Howard, Bondt, Deimann, v. Hauch, A. N. Scherer, Brugnatelli, Crawford, R. Kirwan, B. Gr. v. Rumford, Biot, Thenard, Gay-Lusac, H. DAVY, Wollaston, Thomson, Murray, Dalton, Berzelius, J. B. RICHTER, M. H. Klaproth, L. Simon, L. v. Crell, F. Hildebrandt, Bucholz, A. Gehlen, Th. v. Grotthuss, Oerstadt und C. L. BERTHOLLET, der Bergmanns Ansicht der chem. Verwandtschaft scharfsinnig prüfte, nennen, mit Ausschlufs noch lebender deutscher Chemiker. Was Richter fast ungehört zu beweisen sich bemühete, dafs die Erscheinungen der Mischung einer Gesetzmäfsigkeit unterliegen, welche eine durchgreiffende Anwendung der Mathematik auf die chemischen Erscheinungen zuläfst, das wird späterhin durch Berzelius, Wollaston, Gay-Lusac, Van Mons, Döbereiner, Gilbert, Meinecke, Schweiger, Vogel u. m. A. auf's entschiedenste bewiesen. Wie und in welchen Verhältnissen die verschiedenen Chemischwirksamen sich zu verbinden, und in ihren verschiedenen Verbindungen eines das andere gegen ein drittes u. s. w. zu vertreten vermögen, das zeigen mit überraschender Bestimmtheit die hieher gehörigen stöchiometrischen Untersuchungen, denen sich jene der Nachweissung des Verhältnifses der durch Berührung der Ungleichartigen erzeugten Elektricität zur chemischen Mischbarkeit anschliefsen. Noch von einer andern Seite her wird die Verbindung der Physik und Chemie inniger geknüpft, indem Biot, Brewster und Wollaston durch trefliche Beobachtungen an das schon von Newton und Euler geahnete Verhältnifs der Brennbarkeit der Körper zur Brechungsfähigkeit durch's Licht erinnern, Euler zur Erfindung farbenloser Fernröhre durch Dolland (1757) leitet, und Ritter nach der chemischen Bedeutung der Farben im prismatischen Farbenbilde fragt. Auch die Phänomene der Krystalisation, welche früher Romé de Lisle und Haüy genauer zu bestimmen suchten, erhalten durch deutsche Physiker eine ähnliche Aufhellung, indem man ihr Verhältnifs zu andern allgemeinen Phä-

nomenen, z. B. zu den magnetischen nachzuweisen beginnt. Aehnliche Versuche, die sonst scheinbar isolirten Phänomene mit andern in Beziehung zu setzen, um dadurch beide gegenseitig mehr zu erläutern, werden jetzt zur Tagesordnung; freilich häufiger zu Gunsten von Hypothesen (blosen Analogien folgend), als aus rücksichtlosem Eifer für die Wahrheit. Als Beispiele berühren wir hier nur, die früher von Muschenbroek und Guiton Morveau untersuchten Phänomene der Adhäsion und Cohärenz; ferner diejenigen der Fluidität überhaupt; der Wärme, wo Lambert (1779), Black, Ckawford, Irwin, Rumford, Meyer, Dalton, Lesli u. a. m. sich bleibende Verdienste erwerben; des Lichtes, deren mathematischer Theil vorzüglich durch Euler, Klügel und Langsdorf bearbeitet wird, dann aber durch die Entdeckung der Polarität desselben, und verwandter Phänomene durch Malus, Brewster, Wollaston, Seebeck, Biot u. m. a. grofse Erweiterungen erhält; der Elasticität und der Schwere. — Der mathematische Theil der Physik überhaupt erfreuet sich seit Newton einer vorzüglichen Pflege, und ausser der Astronomie ziehen die Lehren von der Bewegung fester und flüssiger Körper, durch die Bemühungen eines Euler, Joh. und Dan. Bernouilli, d'Alembert, Tob. Mfyer, Kästner, Hindenburg, Segner, Arbogast, Karsten, Lagrange, Laplace und mehrerer noch lebender deutscher Mathematiker, daraus vorzüglichen Nutzen. Jeder einzelne Theil der Physik eilt unaufhaltsam seiner Erweiterung und tieferen Begründung entgegen, und oft wird er den übrigen Theilen inniger verbündet, als es die kühnste Vermuthung anzugeben vermochte; und hiedurch vorzüglich wird jene Einseitigkeit gehemmt, welche, wie wir in der Folge zu zeigen Gelegenheit haben werden, durch einzelne Bearbeiter der Physik herbeigeführt, sich öfters des Ganzen zu bemächtigen scheint, indem sie, die schärfste Isolation der einzelnen Phänomene zum Ziele habend, der Einheit des Ganzen, wiewohl ohne günstigen Erfolg, Hohn spricht. — Nach und nach wird es den jetzigen Naturforschern klarer, dafs jedes Weltindividuum, jede Naturerscheinung in den übrigen ihre Bedeutung, ihren gegenseitigen Aufschlufs findet; dafs jede Bewegungsweise einer anderen in der Natur entspricht, die von dem Scharfsinne des Forschers aufgesucht werden mufs, und dafs, vorzüglich bei einzelnen Gliedern eines mehr oder minder relativ bestehenden Ganzen, jene Bedeutung sehr hervorstechend entwickelt ist. Man bemüht sich, die zahlreichen anscheinend auch noch so heterogenen Phänomene zu umfassen, indem man es versucht, solche allgemein gültige

Gesetze zu entdecken, die jeder Erscheinung im Raume und jedem Wechsel in der Zeit vorschweben. Unvermerkt strebt jeder ächte Naturforscher, die Lebensgesetze seiner selbst im Leben des Ganzen wieder zu finden, und so einer höhern Weihe entgegen eilend, zu erfüllen, was sein Name heischt.

5) Die Geschichte der Physik hat in neueren Zeiten an J. C. Fischer einen fleisigen Sammler gefunden; früher war ausser der Geschichte einzelner Theile z. B. Priestley's Geschichte der Electricität, Bergmanns, Wieglebs und Gmelins Geschichte der Chemie, nur ein sehr unvollkommener Versuch dazu durch de Loys gemacht worden. Vergl. de Loys: Abregé chronologique pour servir à l'histoire de Physique, à Strasbourg 1786—89. T. I—IV. 8. — Joh. Carl Fischers Geschichte der Physik seit der Wiederherstellung der Künste und Wissenschaften bis auf die neuesten Zeiten. Auch unter dem Titel: Geschichte der Künste und Wissenschaften seit der Wiederherstellung derselben bis an das Ende des achtzehnten Jahrhunderts. Von einer Gesellschaft gelehrter Männer ausgearbeitet. Achte Abtheilung. Geschichte der Naturwissenschaften. I. Geschichte der Naturlehre von J. C. Fischer, Göttingen 1808. I—VIII B. 8. Hinsichtlich der Geschichte des chemichen Theils der Physik vergl. die letzte Beilage zu meiner Einleitung in die neuere Chemie. Halle 1814. 8. und rücksichtlich der zur Physik gehörigen Erfindungen G. C. Busch Hdb. d. Erfindungen I—VIII. Th. Eisenach. 1816. 8.

§. 12.

Das Studium der Geschichte der Physik ist eines der vorzüglichsten Hülfsmittel, um mit den einzelnen Gegenständen innig vertraut zu werden, einseitige Schlüsse und Ansichten zu vermeiden, und gründliche Fortschritte zum Vortheile der Wissenschaft, auf neu zu eröffnenden Wegen zu machen. Darum mufs es besonders allen empfohlen werden, denen nicht blofs das Wissen von dem gegenwärtigen Zustande der Physik genügt, sondern die vielmehr durch eigene Beobachtungen und Versuche das Gebiet derselben zu erweitern streben; denn nur nach vorangegangener Beantwortung der Frage: was ist über den zu bearbeitenden Gegenstand bereits beobachtet, versucht, gefolgert und gedacht worden, kann man sich auf eine gründliche Weise anschicken, zur tieferen Untersuchung selbst Hand ans Werk zu legen.

§. 13.

Zu diesem Zwecke mufs aber die Geschichte der Physik nicht blofs aus einem Handbuche derselben, sondern aus den Quellen selbst geschöpft werden, und daher ist gründliche Kenntnifs der Literatur des in Frage stehenden Gegenstandes, so wie der Physik überhaupt, ein unumgänglich nothwendiges Hülfsmittel, um sichere und glückliche Fortschritte in dieser Wissenschaft zu machen. Die ältere Literatur der Physik ist mit derjenigen anderer Theile der Naturkunde mehr oder weniger verwebt, was ihr Studium erschwert; die neuere dagegen mehr gesondert, aber ausserordentlich zahlreich, und deshalb wird in Lehrbüchern am zweckmässigsten bei den einzelnen Gegenständen auf die wichtigsten Schriften verwiesen, nachdem zuvor die Bücherkenntnifs des Ganzen durch Angabe der zweckmässigsten älteren und neueren Lehrbücher, Wörterbücher und Zeitschriften vermittelt worden.

A) Zur allgemeineren Bücherkenntnifs:

1. Jul. Bernh. v. Rohrs physicalische Bibliothek. Leipzig 1724. 8. Mit Zusätzen herausgegeben von Abr. Gotth. Kästner. Leipzig. 1754. 8.
2. Herm. Boerhave methodus studii medici emaculata et accessionibus locupletata ab Alb. Haller. Amstel. 1751. 4. maj. T. I. II.
3. Joh. Christ. Polyc. Erxlebens physical. Bibliothek. Göttingen 1774—77, 8. 1—4. B.
4. Allg. Repertorium der Literatur, für das Jahr 1785—90. Weimar 1793. 94. — Für das Jahr 1790—95. Ebendas. 1799. 10 Abtheil. phys. naturhist. Lit.
5. C. E. Weigels Einleitung zur allg. Scheidekunst. Leipz. 1788.. St. I., 1790. St. II., 1793. St. III. Th. I., 1794. Th. II.
6. Bibliotheca fisica di Europa, di. L. Brugnatelli. Pavia. Th I—XX. 8.
7. J. D. Reuss: allg. Real-Repertorium über die Abhandlungen, Acten, Comment. u. Memoiren der europäischen Academien und Gesellschaften. Göttingen 1805. T. IV—XII. 1817. 4.
8. Ersch Literatur der Mathematik, Natur- und Gewerbskunde u. s. w. Amsterdam und Leipzig. 1813. 8.

B) Systeme und Lehrbücher:

a) Acromatische.

9. Ren. de Cartes: Principia philosophiae; in 2 Bänden seiner Operum.

10. Isaac Newton: philosophiae naturalis principia mathematica. Lond. 1687. 1726. 4.

11. Physices elementa mathematica, experimentis confirmata, auct. Guil. Jac. Gravesande. Leidae 1719. 4., 1744. T. I. II. 4.

12. Christ. Wolffs nützlishe Versuche zu genauer Erkenntn. der Natur und Kunst. Halle 1721—23. I. II. III. 8.

13. Pet. van Muschenbroek: introductio ad philosophiam naturalem. Lugd. Bat. 1762. T. I.—III. 4. maj.

14. Ejusd. elementa physices. Ludg. Bat. 1734. 8.

15. Herrm. Frid. Teichmeyeri elementa philosophiae naturalis experimentalis. Jen. 1733. 4.

16. Georg. Erh. Hambergeri elementa phisices. Jena 1735. 8.

17. Leçons de phisique experimentale, par M. l'Abbé Nollet, à Paris 1743. u. f. gr. 12. Tom. I—VI. Aus dem Französ. Erfurt 1749—64. Th. I—VI. 8.

18. Joh. Andr. Segners Einleitung in die Naturlehre. Göttingen 1746. 54. 70. 8.

19. Joh. Gottl. Krügers Naturlehre. Halle 1750. 8.

20. Praelectiones in physicam theoreticam, conscriptae a Georg Wolfg. Krafft. Tubing. 1750. In Physicae partes mechanicas, 1751. In Phys. part. opticas et his cognatas, 1754. P. III. 8.

21. Joh. Petr. Eberhards erste Gründe der Naturlehre. Halle 1752. et 67., 5te Aufl. 1787. 8.

22. Leçons de Physique experimentale, par. M. Sigaud de la Fond· à Paris 1767. T. I. II. 12. Deutsch: Dresden 1774. Th. I. II. gr. 8.

23. Le même: elemens de physique theoretique et experimentale. Paris 1777. T. I—IV. 8.

24. Joh. Polyc. Erxleben: Anfangsgründe der Naturlehre. Göttingen 1772. 77. Mit Zusätzen von G. C. Lichtenberg, 1784. u. f., 6te Auflage. Göttingen 1794. 8.

25. Wenzesl. Joh. Gustav Karsten Anfangsgründe der Naturlehre. Halle 1780. 2te Aufl. von F. A. C. Gren, Halle 1790. 8.

26. T. G. Kratzenstein: Vorles. über die Experimentalphysik. 6te. Aufl. Kopenhagen 1787. 8.

27. Lettres à une princesse d'Allemange sur divers sujets de phy-

sique et de philosophie. à Mitau 1770–74. T. I–III. (von Leonh. Euler) a. d. Franz. übers. Leipz. 1–3. Th. Mit Kupf. gr. 8. Nach dieser Ausg. neu übersetzt, mit Anmerk., Zusätzen und neuen Briefen vermehrt von Fr. Kries. Leipzig 1792. B. I., 93. B. II. 8.

28. Grundlage zu meinen Vorles. über Experimentalphysik, von Marc. Herz. Berlin 1787. 8.

29. Vorlesungen über Experimentalphysik, von F. A. Achard. Berlin 1791. T. I–IV. 8.

30. Grundrifs d. öffentl. Vorles. über Experimentalnaturlehre, von P. Max. Imhoff. München 1794. Th. I., 1795. Th. II.

31. Ad. Wilh. Hauchs Anfangsgründe der Naturlehre, a. d. Dänischen übers. von Joh. Elem. Tode. Kopenhagen u. Leipz. 1795. Th. I. II. 8.

32. Jul. Conr. Yelin: Lehrb. der Naturlehre. Ansbach 1796. 8.

33. Fr. Albr. C. Gren Grundrifs der Naturlehre. Halle 1791. 1795. Dritte ganz umgearb. Ausg. 1797. 4te verbesserte von Karsten besorgte Ausg. 1801. 5te Aufl. von E. G. Fischer 1808. 6te von K. W. G. Kastner. Halle 1820. gr. 8.

34. Joh. Tob. Meyer Anfangsgründe d. Naturlehre. Göttingen 1801. 03. 1812. 8.

35. J. G. F. Schraders Grundr. d. Experimental-Naturlehre in seinem chem. Theile nach der neueren Theorie, sowohl zum Leitfaden academ. Vorlesungen, als auch zum Gebrauche für Schulen entworfen. 1797. Neue von L. W. Gilbert umgearb. Aufl. mit vielen Figuren. Hamburg 1804. gr. 8. (Von einer dritten Auflage oder vielmehr von einem neuen bereits angekündigten Lehrbuche des Herausgebers wünschten wir sagen zu können, dafs es bereits erschienen sey.)

36. Tiber. Cavallo's ausführl. Hand. d. Experimental-Naturlehre in ihren reinen und angewandten Theilen. Aus dem Englischen mit Anmerkungen von Dr. Joh. Trommsdorff. Erfurt 1804–1806. I–IV. B. M. Kupf. gr. 8.

37. Traité élémentaire de Physique, présenté dans un ordre nouveau, d'après les decouvertes modernes, par A Libes. Paris A. X. Vol. I.–III.

38. R. J, Haüys Handb. für die Anfangsgründe der Physik. Aus dem Franz. u. m. Anm. von M. C. S. Weiss. Leipz. 1804. 05. B. I. II. Mit Kupf. 8. (Vom Original: Hauy Traité élémentaire de Physique. Paris. 2 vol. in 8. erschien 1806 die 2te Aufl.)

39. C. W. Böckmanns Entwurf eines Leitfadens zum Gebrauch bei Vorlesungen über die Naturlehre. Carlsruhe. 1805. 1818. gr. 8.

40. Fr. Kries Lehrbuch der Physik für gelehrte Schulen. Jena 1806. 1808. 1816. Mit 39 Holzschnitten. 8.

41. Compendiaria Physices institutio, quam in usum tyronum conscripsit hujusque scientiae statui recentissimo accomodavit Joann. Phil. Neumann etc. Graecii 1808. Tom. I—II. C. figur. aeri incis. 8.

42. J. Ph. Neumann Lehrbuch der Physik. I. Th. Mit 12 Kupfert. Wien 1818. gr. 8.

43. Anfangsgründe der dynamischen Naturlehre abgefaſst von Fr. Hildebrandt etc. Mit Kupfern. Erlangen 1807. Fortsetzung u. Schluſs. 1807. gr. 8.

44. L. A. Jungnitz Grundriſs der Naturlehre, zum Gebrauche für Vorlesungen. Breslau 1804. Th. I. II. 8.

45. G. G. Schmidt's Handbuch der Naturlehre. 2te Aufl. Gieſsen. 1813. 8.

46. J. J. Fries System der theoret. Physik. Heidelberg 1812. 8.

47. Traité de physique experimentale et mathématique par J. B. Biot. T. 1—4eme à Paris 1816. 8.

48. Dessen: Precis elementaire de Physique experimentale. T. I—II. à Paris 1817. 8. übersetzt von F. Wolff. Berlin. 1819. 8.

49. G. F. Parrot: Grundriſs der theoretischen Physik. I—III. Th. Riga u. Leipzig 1811. 1815. 8.

50. B. Scholz, Anfangsgründe d. Physik. Wien 1816. 8.

51. J. B. Trommsdorff Grundr. d. Physik. Gotha 1817. 8.

52. G. W. Muncke: Anfangsgründe der Experimentalphysik etc. Heidelberg 1819. 8

b) Populäre.

53. Bernh. van Nieuwentyt: recht gebrugk der wenreld beschouwinge. Amst. 1716. 4. Aus dem Holländ. übers. v. Joh. Andr. Segner. Jena 1747. 4.

54. Christ. Wolffs vernünftige Gedanken von den Absichten der natürlichen Dinge. Halle 1724. 8.

55. Michael Hube: Vollständiger und faſslicher Unterricht in der Naturlehre. Mit einer Reihe von Briefen an einen jungen Herrn von Stande. Leipz. 1793. I. II., 1794. III. B., 1801. 02. neue Ausg. in IV B. 8.

56. J. H. Helmuth: Volksnaturlehre zur Dämpfung des Aberglaubens. Braunschweig 1803. 5te stark vermehrte Auflage mit Kupfern. 8.

57. G. H. E. Lippold Naturlehre für Kinder. 2te Aufl. Elberfeld. 1818. 8.

C) Wörterbücher.

58. Dictionaire de physique par Mr. Sigaud de la Fond. Paris 1781. Tom. IV. 8.

59. Dictionnaire raisonné de Physique par Mr. Brisson. Paris 1781. II Tom. 4.

60. Joh. Sem. Traugott Gehlers physicalisches Wörterbuch, oder Versuch einer Erklärung der vornehmsten Begriffe und Kunstwörter der Naturlehre in alphabetischer Ordnung. Leipzig 1787. Th. I., 89. II.. 90. III., 91. IV., 95. V, 96. VI., 8. Neue Ausg. 8., Supplementband 88., VII Th. oder II. Supplementband, herausgegeb. von C. W. Gilbert. 1808. gr. 8.

61. Physicalisches Wörterbuch oder Erklärung der vornehmsten zur Physik gehörigen Begriffe und Kunstwörter, sowohl nach atomistischer als dynamischer Lehre betrachtet, mit kurzgefaſsten Nachrichten von der Geschichte der Erfindungen, und Beschreibung der Werkzeuge in alphabetischer Ordnung. Von Dr. J. K. Fischer. Göttingen 1799. T. I. II., 800. III., 01 IV., 04. V., 05. VI. und Registerb. 8.

62. Dictionnaire des sciences naturelles, dans lequel on traite méthodiq. des differ. êtres de la nature etc. par Broignart, Cuvier, Daudin, Dumeril, Dumont, Fourcroy, Geoffroy, etc. etc. Strasburg 1804. Vol. I—IV., 1805. V. avec 2 livr. de planches. 8.

63. Physicalisch-chemisches Handwörterbuch für Gelehrte und Ungelehrte, Fabricanten, Manufacturisten und Handwerker. Ein gedrängter Auszug aus Gehlers, Macquers, u. den neuesten, vorzüglichsten physischen und chemischen Wörterb. und Schriften. Leipzig 1790. 809. III Th. mit Kupf.

64. M. H. Klaproth und F. Wolf chem. Wörterbuch. I—V. Berlin 1807. 1810. 8. Supplemente. I—IV. Ebend. 1816. 1819. 8.

65. J. F. John: Handwörterb. d. allg. Chemie. I—IV. Leipzig. u. Altenburg 1817. 1819. 8.

D) Periodische Werke.

66. Observations sur la Physique, sur l'Histoire naturelle et sur les arts, par Rozier, Mongez et de la Metherie. à Paris 1773. T. I., 1800. Tom. L. 4.

67. Journal de Physique, de Chemie, d'Histoire naturelle et des Arts, avec des Planches en taille douce. Par J. L. Delametherie. Paris 1802. Tom. LXX.

68. L. v. Crell: Annalen der Chemie etc. I—XX. Jahrg. Helmstädt 1784. 1804. 8.

69. Magazin für das Neueste aus der Physik und Naturgeschichte, herausg. von L. Lichtenberg. Gotha 1781—86. B. I—III., Fortges. von J. H. Voigt. 86—99. B. IV—XII., Magaz. für den neuesten Zustand der Naturkunde mit Rücksicht auf die dazu gehörigen Hülfswissenschaften. Jena 1797. B. I., 1799. II., Weimar 800—06. III—X.

70. Nieuwe chem. en phys. Oefeningen. Door P. van Werkhoven. Utrecht 1798. D. I. (No. 1—5.), 94—802, II.

71. Journal der Physik, herausg. von Dr. F. A. C. Gren. Halle und Leipz. 1790—93. B. I—VIII., Dessen neues Journal der Physik. Leipzig 1795—97- I—IV., Vollständiges Register über Grens Journal d. Physik. Mit Anmerk. v. C. J. B. Karsten. Leipz. 1800. Grens Annalen der Physik. 1799. B. I. St. I., Fortges. von L. W. Gilbert. LX. B. 1818. mit Kupf. 8.

72. Bibliotheque Britannique ou recueil extrait des ouvrages anglois periodiques et autres etc. par une societè des gens de lettres. Génève. Monatlich seit dem Anfang 1796 ein Heft. 8.

73. A Journal of natural Philosophy, Chemistry and the arts; illustrated with Engravings. 1797—815. Vol. I—XVIII. 8.

74. A. N. Scherer: Allg. Journ. d. Chemie. I—X. B. Leipz. u. Berlin 1798. 1802. gr. 8.

75. Dessen Nordische Blätter für Chemie. I—III. Heft. Halle 1817. 8.

76. Dessen Allg. nordische Annalen der Chemie etc. St. Petersburg. (Leipzig in Commission bei B. Fleischer.) 1819. 8.

77. A. F. Gehlen's Journal für die Chemie, Physik und Mineralogie. Berlin 1810. IX. B. gr. 8.

78. Neues Journal für Chemie und Physik, herausgegeben von Schweigger. I—XXV. Nürnberg. 1811. 1819. 8.

79. Franz. Annalen der allg. Naturgeschichte, Physik u. Chemie von C. H. Pfaff u. Friedländer. Hamb. 1802. 4 B. gr. 8.

80. J. E. Bode Astronomisches Jahrbuch etc. Jährlich 1 Band. Berlin. gr. 8.

81. Dessen Erläuterungen für die Besitzer d. astronom. Jahrb. Neue Ausg. Berlin 1817. gr. 8.

82. Tübinger Blätter für Naturwissenschaft u. Arzneikunde, herausgegeb. von. v. Autenrieth und. v. Bohnenberger. I—IV. Tübingen. 8.

83. Allgemeine geographische Ephemeriden. I—XIX. Jahrg. Weimar 1816. 8. Neue g. Ephemerid. I. Weimar. 1817. 8.

84. Zeitschrift für Astronomie und verwandte Wissenschaften, herausgegeb. von B. v. Lindenau u. J. G. J. v. Bohnenberger. Jahrg. 1814. 1818. Tübingen. gr. 8.

85. Annals of philosophy; or a magazine of Chimistry etc. etc. by Th. Thomson. Vol. I—XII. London 1813. 1819. 8.

86. Giornale di Fisica, Chimica e storia naturale etc. die L. Brugnatelli. T. I—X. Pavia. 1808. 1818.

87. Annales de Chimie et de Physique par Gay-Lussac et Arago. T. I—XII. Paris 1816. 1819. 8.

88. Annales génèrales des sciences physiques par M. M. Bory de St. Vincent, Drapiez et Van Mons. I—VI. Bruxelles 1819. 8. (Monathlich 1 Heft.)

89. Annales des Mines etc. I—IV. B. (Fortsetzung von dem Journ. des Mines etc.) à Paris 1818. 1819. 8.

90. J. F. Meckel: Deutsches Archiv für die Physiologie. I—III. Halle. 1815. 1818. gr. 8.

91. C. E. von Moll: Neue Jahrbücher der Berg- und Hüttenkunde. I—IV. Nürnberg 1813. 1818. 8.

92. C. J. B. Karsten: Archiv für Berg- und Hüttenkunde. Breslau. I. B. 1818. 1820. 8.

93. Jahrbücher des Kaiserlichen königlichen polytechnisehen Instituts in Wien. In Verbindung mit den Professoren des Instituts, herausgegeben von dem Director J. J. Prechtl etc. Wien 1819. gr. 4.

94. S. F. Hermbstädt: Museum d. Neuesten u. Wissenswürdigsten aus dem Gebiet der Naturwissenschaft etc.

95. Isis, oder encyklopädische Zeitung, herausgegeb. v. Oken. Jena. I. Jahrg. 1816. 1819. 4.

96. J. B. Trommsdorff's Journal der Pharmacie. I—XXVI. und dessen Neues Journ. d. Pharm. I—III. Leipzig 1795. 1819. 8.

97. Göttling's Almanach für Scheidekünstler und Apotheker, fortgesetzt von Buchholz u. späterhin von R. Brandes. Jahrg. 1780. 1818. Weimar. 12.

98. J. A. Buchner: Repertor f. Pharmacie. I—VI. Nürnberg 1815. 1819. kl. 8.

99. K. W. G. Kastner's deutscher Gewerbsfreund. I—IV B. Halle. 1815. 1820. 4.

100. Berlinisches Jahrbuch für d. Pharmacie etc. fortgesetzt von K. W. G. Kastner. I—XXI. Jahrg. Berlin. 1795. 1820. 12.

§. 14.

Die Schule unterscheidet bei dem Vortrage gemeinhin die theoretische Physik und die Experimentalphysik, und stellt beide der speculativen Physik gegenüber, welche die letzte Nachweisung der Möglichkeit aller

durch Gegenthätigkeit bewirkbaren Veränderungen natürlicher Dinge und aller davon abhängigen Erscheinungen zum Gegenstande hat, und daher als Theil der Naturphilosophie betrachtet werden kann. Vergl. §. 2. Bem. 2. Die theoretische sowohl als die Experimentalphysik beschäftigen sich vorzüglich mit Auffindung der Naturgesetze (leges naturae); die erstere indem sie von mitgetheilten Beobachtungen und Versuchen, die letztere indem sie durch Versuche selbst: das Bleibende in den beobachteten Umständen, welche eine Reihe von Erscheinungen begleiten aushebt, und diesen bleibenden Parallelismus, der zwischen denen in bestimmter Folge begriffenen Umständen eintritt als Gesetz ausspricht.

§. 15.

Um aber zu Naturgesetzen überhaupt zu gelangen, welche auf Gültigkeit Anspruch machen können, reicht nicht allein die allgemeine und oberflächliche Bestimmung der Beschaffenheiten und Erscheinungen hin, welche bei den zu vergleichenden gegebenen Naturwesen und bei deren in nothwendiger Folge stehenden Veränderungen vorkommen, sondern es wird vielmehr unumgänglich erfordert, dafs das jedesmalige Gröfsen- und Mengen-Verhältnifs genau bestimmt werde, und daher ist die Mathematik als unentbehrliches Hülfsstudium des Naturforschers und insbesondere des Physikers zu betrachten. Nicht minder entbehrlich ist die gegenseitige Verständigung über allgemeine Begriffe, die man durch Kunstwörter (Termini) zu bezeichnen pflegt, welche sich durch richtige Wahl des Ausdruckes und dadurch begründete allgemeine Gültigkeit auszeichnen müssen.

Bemerk. 1) Ausser dem angeführten Nutzen der Mathematik für die Physik, empfiehlt sie sich und ihr Studium dem Physiker noch besonders dadurch, dafs sie ihn in der Kunst richtige Vergleichungen anzustellen, und seine Untersuchungen einer natürlichen Anordnung zu fügen übt. Mehrere Begriffe entlehnt die Physik aus der Mathematik, und ihre Beweise für abgeleitete Folgerun-

gen machen auf Evidenz Anspruch, wenn sie mit Hülfe der Mathematik geführt werden können. — Gr. v. Buquoy: Skitzen zu einem Gesetzbuche der Natur zu einer sinnigen Auslegung desselben. Mit 2 Kupf. Leipz. 1817. gr. 4.

2) Suchen wir das, was wir an einem Gegenstande der Natur wahrnehmen, wörtlich auszudrücken, so erhalten wir ein Merkmal (nota), und drücken wir mit mehreren Worten mehrere Merkmale aus, um einen oder mehrere Gegenstände dadurch zu bezeichnen, so nennen wir diesen Ausdruck: ein Kennzeichen oder den Kennwerth (Character) des Gegenstandes. Merkmale und Kennzeichen werden durch gedrängte, kurze und dennoch umfassende, bestimmte Wörter, die man Kunstwörter nennt, bezeichnet, deren Sammlung, gehörig geordnete Aufstellung und Erklärung die Terminologie beschäftigt; welche vorzüglich der eigentlichen Naturbeschreibung zur Einleitung dient, jedoch aber auch wenigstens dem allgemeinen Theile nach, der Physik vorangeschickt werden mufs, und so als Bestimmung der allgemeinsten und ersten Begriffe in der Physik, zur Einleitung derselben gehört. Sevrin: Dictionnaire de nomenclatures chimiques et minéralogiques anciennes, comparées aux nomenclatures chimique et minéralogique modernes. Paris 1807. 8. Ueber Oersted's neue Kunstsprache für die Chemie: Trommsdorff's Journ. d. Pharmac. XXIV. B. 1stes St. S. 375—438. u. Schweigger's Journ. XII. S. 113. Gehlen's Bemerk. darüber; ebendas. S. 409. Meine Bemerk darüber im Deutsch. Gewerksfr. I. 2 H. S. 174. H. Davy's Rathschläge; Schweigger's Journal. XI. S. 73. Versuch einer deutschen Benennung der in d. Chemie gehörigen Körper, von Dr. R. Brandes, Trommsdorff's N. Journ. II. 1. St. S. 3—21. — Vorzüglich sind zu beherzigen Lichtenberg's Bemerkungen über Benennungs-Neuerungen in der Vorrede zur sechsten Aufl. von Erxleben's Naturlehre. S. XVXVI. u. f. das.

III. ABSCHNITT.

BESTIMMUNG DER ALLGEMEINSTEN BEGRIFFE IN DER PHYSIK.

§. 16.

Tägliche Erfahrung lehrt, daſs jegliches Daseiende veränderlich ist. Forschen wir nach der Ursache dieses allgemeinen Unbestandes der Dinge, so kann es keine andere sein, als die aus der Trägheit (§. 1. Bem. 4. u. 5.) und aus dem allgemeinen Wirkungsverhältniſs der Naturkräfte (§. 3. Bem. 5.) entspringende Abhängigkeit und Bestimmbarkeit der Naturwesen, vermöge welcher sie, als miteinander im Weltall vorhandene, sich gegenseitig durch Gegenthätigkeit zur Gegenwirkung zu bestimmen nicht aufhören. Solange nun die Arten, Richtungen und Grössen dieser Gegenthätigkeiten zwischen einzelnen einander angrenzenden Naturwesen dieselben bleiben, ebensolange werden sie auch dieselben Gegenwirkungen, mithin auch dieselben Beschaffenheiten darbieten, und wiewohl diese Beschaffenheiten veränderungsfähig sind, so können sie doch, in der Zeit in welcher sie unverändert blieben, erkannt und bestimmt werden. Wollen wir das Veränderliche der gegebenen Beschaffenheit eines Dinges ausdrücken, so betrachten wir es als gegebene Weise seines jeweiligen Bestehens und nennen es im Allgemeinen sein zeitgemäſses Bestehen oder seinen Zustand. Hieher gehören die Ausdrücke: Zustand der Ruhe, der Bewegung, der Neutralität, der Sättigung u. s. w.

Gewöhnlich nimmt man aber den Ausdruck Zustand minder allgemein, sondern bezeichnet damit vielmehr die besondere Art, mit welcher jegliches Naturding seinen Raum erfüllt, und unterscheidet in dieser Hinsicht die Zustände der Flüssigkeit und der Starrheit.

1) Wenn in einem Raumerfüllenden überall (d. h. in jedem einzelnen seiner denkbaren Theile) gleicher Widerstand gegen das Verschieben desselben statt hat, mithin jeder denkbare Theil nach allen Richtungen mit derselben Gewalt ausweicht, mit welcher er nach irgend einer geschoben wurde, so nennen wir es ein Flüssiges, ist hingegen jener Widerstand ungleich, und weichen mithin die denkbaren Theilchen nicht nach allen sondern nur nach jenen Richtungen aus, in welchen die Stärke ihres Zusammenhanges geringer war als die verschiebende Gewalt, so heiſst das Raumerfüllende ein Starres (oder Festes). Die Flüssigen werden demnach bei Hindurchbewegung eines Verschiebenden in jenen Raum wieder hinein weichen, aus welchem sie beim Durchgange des Verschiebenden entwichen, d. h. sie werden sich nach dem Durchgange wieder so zusammenbegeben, wie sie es vor dem Durchgange waren, die Starren hingegen werden nach dem Durchgange getrennt bleiben; und während bei den Flüssigen jeder Eindruck zu einer Trennung führt, die nur so lange dauert, als das Eindrückende innerhalb des Flüssigen verbleibt, bewirkt dagegen bei den Starren der Eindruck eine Verschiebung, die nach Wegnahme des Eindrückenden entweder bleibt (z. B. bleibende Verschiebung der Theile des Stabeisens durch Hämmern, des Bleis durch Zusammenpressen u. s. w.), oder ebenfalls (vermöge der weiter unten zu bestſmmenden Federhärte oder Elasticität) mit der Entfernung des Eindrückenden endet und das Starre wieder in seine vorige Raumerfüllung zurücktreten läſst (z. B. vorübergehende Verschiebung der Theile einer gestoſsenen elfenbeinernen Kugel).

2) Die Kräfte, welche im Flüssigen den überall gleichen und im Starren den überall ungleichen Widerstand der denkbaren Theilchen bewirken, werden entweder ziehend (d. h. zwey entfernte Punkte einander nähernd) oder abstoſsend (d. i. zwey Gegenpunkte von einander entfernend) wirken müssen. Flüssige, deren denkbare Theilchen überall (von Punkt zu Punkt) in gleicher Gegenziehung begriffen sind, erscheinen tropfbar d. h. sie bilden (sich selbst unter dem kleinsten Umfange eingrenzend) Kugeln, wenn sie nur ihrer eigenen Zuggewalt und keiner fremden, ausser ihnen befindlichen folgen,

solche Flüssige dagegen, deren Theilchen überall in gleicher Abstoſsung beharren (und sich daher nie selbst eingrenzen) ausdehnsam (elastisch); in letzteren ist die abstoſsende Gewalt entweder durch eine von allen Seiten her gegen dieselben gerichtete Macht des Zusammendrucks überwältigungsfähig und in diesem Falle heiſsen sie veränderlich-ausdehnsame, oder sie ist (bisheriger Erfahrung gemäſs) durch keine auch noch so groſse Druckgewalt zu überwältigen, sondern wächst vielmehr unaufhörlich mit der Zunahme des Zusammendruckes und dann werden sie bleibend-ausdehnsame genannt. Diese hieſsen sonst Gase, jene Dämpfe oder Dünste; jetzt nennt man hingegen gewöhnlicher alle Ausdehnsamen ohne Unterschied Gase, dieselben in bleibende oder Lüfte und veränderliche (jeweilige) oder Dämpfe abtheilend. (Die letzteren werden nicht nur durch Uebermaaſs des Zusammendrucks, sondern auch durch Entwärmung entweder tropfbar oder starr; die ersteren bleiben hingegen auch bei der heftigsten Kälte ausdehnsam.)

3) Gemäſs der im Flüssigen statthabenden überall gleichen Ausweichung gegen ein Verschiebendes, (oben Bemerk. 1.) wird auch *a*) jedes einzelne Theilchen des Flüssigen in Richtung seiner nächstangrenzenden denkbaren Gegenflächen desselben Flüssigen, an denselben fortbewegt werden können, ohne daran von denen durch jene Gegenflächen begrenzten Theilchen ungleich gehindert zu werden, und überall wird dieses Hinderniſs gleich sein: der sowohl in den Gegenflächen als in den ursprünglich bewegten Theilchen wirkenden, in allen Punkten gleichgroſsen, gleichartigen und daher nach allen Richtungen auf gleiche Weise thätigen Anziehung oder Abstoſsung des Flüssigen und im Ganzen stets kleiner als die jene einzelnen Theilchen ursprünglich in Bewegung setzende Gewalt; d. h. die Theile des bewegten Flüssigen werden einander vermöge ihres ununterbrochenen und überall mit gleicher Zuggewalt wirkenden Zusammenhangs nicht reiben, und werden auch *b*) sämmtliche Flüssige von selbst die Umgrenzung der Innenwände (d. i. die Innengestalt) des Gefäſses annehmen, in welchem sie sich befinden.

4) Wir unterscheiden: Flüssiges und Starres von Flüssigkeit und Starrheit; ersteres bezeichnet im Allgemeinen das Wesen selbst, welches flüssig oder starr ist, oder sagt aus, daſs es dieses oder jenes ist, letzteres bestimmt den Zustand oder die Wesenheit des Flüssigseins oder Starrseins. Beide Ausdrücke werden indeſs häufig einer für den anderen und bald als Haupt-

wörter, bald beiwörtlich gebraucht; z. B. das Wasser ist ein Flüssiges, dessen Flüssigkeit (Fliefsbarkeit) gröfser ist, als die der Schwefelsäure, aber auch: das Wasser ist eine Flüssigkeit, die flüssiger (fliefsbarer oder mehr flüssig) ist, als Schwefelsäure; u. s. w. Die Ausdrücke schnell oder leichtflüssig und schwer: oder strengflüssig, bezeichnen hingegen nicht das gröfsere oder geringere Maafs des Flüssigseins, sondern beziehen sich auf das Flüssigwerden der Starren durch Einwirkung der Wärme, und von zwey Starren, von denen das eine leicht, das andere strengflüssig ist, bedarf das erstere weniger, das andere mehr einwirkende Wärme, um flüssig zu werden, d. i. um zu fliefsen oder zu schmelzen.

5) Wiewohl die kuglige Eingränzung des Tropfens von der oben (Bemerk. 2.) erwähnten gleichen Gegenziehung seiner denkbaren Theilchen zeugt, so tritt doch diese Gegenziehung selbst erst nach der von Aussen gegenwirkenden Gewalt des Zusammendruckes ein, wie dieses jene Dämpfe bezeugen, welche in Folge solchen Druckes tropfbar werden, und wie denn auch umgekehrt sämmtliche Tropfbare im leeren (keine Druckgewalt enthaltenden) Raume solange verdunsten, bis der gasig gewordene die gewesene Leere erfüllende Theil eine Druckgewalt ausübt, welche sowohl die fernere Verdunstung hindert, als auch dadurch das Tropfbarbleiben des nicht verdunsteten Antheils sichert, wenn nicht von Aussen zukommende dehnende Gewalten (z. B. einwirkende Wärme) vermehrte Verdunstung zu Wege bringt. Das Tropfbarsein ist daher kein reines oder unabhängiges Selbstbegrenzen des Raumerfüllenden, sondern ein durch äussern Druck bedingtes. Dasselbe gilt aber auch, jedoch im geringeren Grade, von den Starren, und vorzüglich von jenen, welche durch hinreichende Erwärmung nicht unmittelbar gasig, sondern zunächst nur tropfbar werden, wie späterhin die Untersuchungen der Wärme zeigen werden.

6) Wo dem Obigen zufolge in einem Flüssigen die Anziehungen (oder Abstofsungen) aufhören gleichwerthig zu sein, tritt die Möglichkeit der Erstarrung ein, und jegliches Erstarrte kann demnach betrachtet werden, als ein Ganzes, in welchem die Anziehung in einzelnen Richtungen gröfser, als in den übrigen Richtungen und mithin ungleich ist und wo also eine Flächenkraft dem Verschieben der Theile widersteht, d. i., wo Reibung statt findet. Da wir aber vollkommen gleichartige und selbst solche Dinge erstarren sehen, welche bis jetzt nicht in wenigstens zwey Ungleichartige zerlegt (d. i. welche bis zur Zeit nicht chemisch zersetzt werden konnten), so kann man

auch nicht annehmen, dafs jene Ungleichheit der Zuggewalten des Starren daraus entspringe, dafs in ihnen die Anziehung der ungleichartigen Theile gröfser sey, als die der gleichartigen, oder — was dasselbe sagen will — die der Theile gröfser, als der Theilganzen, sondern man wird vielmehr genöthigt nach einer Ursache der Starrheit zu forschen, welche unabhängig von der Gleichartigkeit oder Ungleichartigkeit der Theile und der Theilganzen dort wirkt, wo Flüssiges in Starres verkehrt wird, und umgekehrt dort zu wirken aufhört, wo Starres in Flüssiges übergeht. Da diese Veränderungen höchst allgemein sind, so müssen es auch ihre Ursachen sein, und wie d e Folge zeigen wird, finden wir in dieser Hinsicht nachweisbar für das (Zerfliefsen oder) Flüssigwerden die Wärme (und die Electricität) und für das Erstarren den Erdmagnetismus (in Form des Krystallmagnetismus) als die letzten Ursachen der Flüssigkeit und Starrheit. Mit der Nachweisung dieser Ursachen, werden sich auch jene zeigen, welche die späterhin zu beschreibenden verschiedenen Arten des Starren hervorgehen machen.

7) Wenn man von den im Raume Gegenwirkenden im Allgemeinen spricht, so pflegt man dieselben entweder schlechthin durch den Ausdruck Dinge (natürliche und künstliche, d. i. ohne Menschen Absicht entstandene, und gemäfs der Absicht und durch Vermittelung des Menschen gewordene), oder auch durch die Worte: Substanzen, oder Materien (Vesten oder Raumwesen) zu bezeichnen; will man hingegen zugleich auf besondere Verhältnisse der Raumerfüllung des Materiellen (Substanziellen, Räumlich-Wirkenden) aufmerksam machen, so nennt man sie Körper, und versteht darunter alle sich selber Umfang und Grenze setzende; d. i. durch Selbstbegrenzung gestaltete Sinnesgegenstände.

§. 17.

Die Veränderung eines Dinges, so wie das Beharren desselben in einer bestimmten Beschaffenheit, mufs einen nachweisungsfähigen Grund haben. Diesen zureichenden Grund jener Zustände nennen wir die Ursache (causa) derselben, und die dadurch in dem Dinge hervorgebrachte Beschaffenheit oder Eigenschaft die Wirkung (Effectus). Die Ursache wird hier in Beziehung auf die Thätigkeit (agens), als das die Veränderung oder Beharrung möglich machende gesetzt, und Thätigkeit als

Folge des Thätigen, kann zwar in der Idee für sich aufgefaſst werden, fällt aber in der Erfahrung immer damit zusammen, oder ist stets ganz unmittelbar damit verknüpft; wie denn auch das Seyn selbst als unendliche Entwickelung unbedingter Thätigkeit gedacht werden kann.

Bemerk. 1) Man bestimmt die Ursache noch näher durch die Ausdrücke nahe oder entfernte Ursache, so wie auch die Wirkung als unmittelbare oder mittelbare bezeichnet wird.

2) Thätigkeit ist stets unmittelbarer Ausdruck des Vorhandenseins der wirkenden Ursache, und nur in sofern diese zu einem bestimmten Ziele gelangt ist, verdient sie Wirkung genannt zu werden; sie begleitet mehr, die Wirkung folgt.

3) Sofern die Ursache irgend eines Dinges, sich mit ihrer Thätigkeit in die Wesenheit eines anderen erstreckt, und hier bestimmte Wirkungen hervorgehen, bezeichnet man dieses Verhältniſs der thätigen Ursache des einen Dinges zu der Gegenthätigkeit des anderen, durch den Ausdruck: Einwirken und den Erfolg durch Einwirkung; die Gegenthätigkeit des anderen Dinges hingegen durch Gegenwirken und Gegenwirkung (Actio et Reactio).

4) Die gegebenen, während der Wahrnehmung bleibenden (sich nicht ändernden) Kennwerthe der Dinge, nennen wir ihre Beschaffenheiten (Qualitates), dieselben unterscheidend von den vorübergehenden, während der Wahrnehmung sich ändernden Werthen oder Erscheinungen (Phaenomena) vergl. §. 5. Bem. 3. Streng genommen ist die Erforschung der ersteren Gegenstand der Naturbeschreibung, die der letzteren hingegen Gegenstand der Naturlehre; §. 10. Bem. 1. Letztere, indem sie die Gegen- und Einwirkungs-Verhältnisse der mit verschiedenen Beschaffenheiten versehenen Einzeldinge erforscht, bestimmt sie deren Eigenschaften, (Proprietates), und sofern sie, in Verbindung mit der ersteren, nach der Bestimmung des gegenseitigen Gesammtwerths, so weit dieser entstanden und gegeben ist, oder mit andern Worten, sofern sie nach der Bedeutung der Einzeldinge zueinander und zu gegebenen Weltganzen (z. B. zu der Erde, zum Sonnensystem u. s. w.) auf dem Wege der Beobachtung forscht, entscheidet sie über die gegen- und wechselseitigen Beziehungen (Relationes) der nat. Dinge.

§. 18.

Jenes Thätige was die Beharrung oder Veränderung eines Zustandes möglich macht, das Prädicat der Substanz, wodurch sie unbedingt als Ursache gedacht wird, nennen wir Kraft (Vis), ein Ausdruck, welcher der gleichen Bezeichnung unserer inneren nach aussen und auf uns selbst zurückwirkenden Thätigkeit nachgebildet ist. Unter Vermögen (Facultas) hingegen, versteht man das Prädicat irgend eines Objects, wodurch es als Ursache gedacht wird, ohne dabei festzusetzen, ob dieses als »Ursache gedacht werden« unbedingt oder bedingungsweise zu nehmen sey. Indem ich einem Daseyenden Kraft zuschreibe, nehme ich zugleich an, dafs die ganze Ursache der Wirkung (woraus ich auf die Kraft schlofs) unbeschränkt in demselben gegeben sey; der Ausdruck Vermögen läfst es unbestimmt, ob nicht, um die Wirkung zu Stande zu bringen, noch sonst etwas als auf das Subject einwirkend erfordert wird.

Bemerk. 1) Gemeinhin versteht man unter dem Wort Kraft schlechthin gebraucht, die mechanische Kraft, d. i. die beharrliche Ursache einer Veränderung in der Ruhe oder Bewegung einer Materie.

§. 19.

Die Gröfse einer Kraft bestimmen wir nach ihrer Wirkungsgröfse, indem wir sie entweder mit einer Wirkung von bekannter Gröfse (die mithin zum Maafsstabe dient) vergleichen, oder in dem wir sie nach dem Grade von Hemmung beurtheilen, den sie durch eine andere gegenwirkende Kraft erleidet. Alles nämlich, was den Ausbruch einer Kraft hindert (z. B. das sogenannte leitende Verhältnifs des die Kraftäusserung empfangenden Theils), oder wenn dieser schon erfolgt ist, ihn schwächt und mehr oder weniger aufhebt, kann als Gegenkraft angesehen werden, und alle Veränderungen der Dinge, sind daher als Producte gegenseitiger Krafteinwirkung anzusehen; §. 1. Bem. 5.

§. 20.

Sehr häufig will man aber mit dem Worte Kraft nicht sowohl die allgemeinste Thätigkeitsquelle, oder den letzten Grund einer Erscheinung bezeichnen, sondern nur die nächste Ursache einer gegebenen Wirkung; die öfters selbst nur Wirkung einer entfernteren, allgemeineren, einfacheren Kraft ist. Versucht man es in solchen Fällen, durch immer weiter geführte Vergleichung und Heraushebung des einfacheren Grundes, endlich bei einer Kraft anzugelangen, die auf unbedingte Einfachheit und Allgemeinheit Anspruch machen kann, so nennt man diese, alle abgeleiteten zusammengesetzten Kräfte in sich schliessende, die Grundkraft, deren Gegenkraft gleich einfach und allgemein sein mufs, und mit der ersteren in Entgegnung gedacht, zu der Idee zweier Grundkräfte (Vires fundamentales) als letzte Ursache aller Erscheinungen und deren Veränderungen geleitet hat.

Bemerk. 1) Die Grundkräfte sind hypothetisch angenommen, und dienen nicht sowohl dazu die Dinge selbst, ihr Seyn mit seinen Prädicaten, zu erklären, als vielmehr nur den Grund der Veränderungen der Substanz allgemein anzudeuten. Die einzelnen Belege sind häufiger mit Hülfe des Witzes als durch vergleichenden Scharfsinn angezogen worden, und öfters scheint man vergessen zu haben, dafs die Annahme jener Kräfte nur zur Erleichterung der Uebersicht dienet, dafs die Mannigfaltigkeit und die eigenthümlichen Thätigkeitsweisen der Naturindividuen dadurch weder aufgefafst noch begriffen und erklärt werden, und bei Annahme zweier Kräfte auch der Träger, das Substrat derselben, das Band, welches beide in ihrer bestimmt wirksamen Beziehung erhält, die Weltseele, als ein drittes, zur thätigen Existenz unbedingt Nothwendiges hinzu gedacht werden müsse.

2) Kant versuchte es zuerst aus Gründen a priori die Nothwendigkeit der Annahme jener Grundkräfte darzuthun, und den einfachsten Gegensatz des Wirkens im Raume zur Bezeichnung wählend, nannte er die eine dieser Kräfte die anziehende (Attractiv- oder Compressiv-Kraft, Vis attractiva), die andere die abstossende (Repulsiv-, Expansiv- oder Dehn-Kraft, Vis repulsiva s. expansiva) vergl. §. 11. Bem. 4. Beide Grundkräfte können als thätige stets nur in Wechselwirkung: Kraft gegen Kraft (vergl. §. 17) gedacht werden, und es hat daher

keinen Sinn, wenn man irgend ein Phänomen, z. B. das des Lichtes, als die freie (für sich vorhandene und für sich wirkende) Dehnkraft u. s. w. betrachtet; vergl. weiter unten §. 25.

3) Dort wo die einzelnen Kräfte der Naturwesen (§. 1. Bemerk. 1. u. f.) in denselben Punkten beharrlich gegeneinander wirken, erzwingen sie für diese Punkte Ruhe im Aeussern ihrer Wirkungen, nnd damit die an den einzelnen, nicht in merklicher Veränderung begriffenen Naturdinge wahrnehmbaren Beschaffenheiten; wo hingegen die Gegenkräfte der einzelnen Punkte — gemäſs der Gröſsen ihrer Entgegnung — vereint (und also nach dem Mittel ihres Wirkungsverhältniſses) auf andere, ausser ihnen befindliche, gleichfalls zum mittleren Wirken in einzelnen Punkten verbundene Kraftverhältniſse einwirken, erzeugen sie Gegenwirkungen dieser Verhältniſse, entwickeln so ihre und der anderen Eigenschaften, und führen dadurch zum Entstehen der Erscheinungen, der in Wechselwirkung befangenen Naturdinge. Wenn wir daher in der Folge die Erscheinungen der Schwere, des Magnetismus, der Elektricität, des Chemismus. der Organisation, des Lichtes und der Wärme an den Naturwesen als deren gegenseitige Eigenschaften nachweisend kennen lernen, werden wir diese weder als Einzelkräfte ansehen, noch als durch die Gegenwirkung einzelner Kräfte bedingt anerkennen dürfen, sondern dieselben vielmehr betrachten müssen: entweder als (in Folge der Wechselwirkung von wenigstens je zwey Einzeldingen) neu erzeugte, beharrliche und selbstständige Kraftverhältniſse, oder als die Veränderungen selbst, welche die verschiedenen Wechselwirkungen der Dinge an denselben begleiten, d. i. als die verschiedenen Zustände der in Wechselwirkung begriffenen Naturwesen; welche von diesen Betrachtungen die richtigere ist, wird sich späterhin gehörigen Orts durch den Verfolg und den Zusammenhang der Theile jeder der genannten Erscheinungen ergeben.

4) Nach Kant ist das Dasein der Naturdinge (oder des Leiblichen) nur bedingt durch die beharrliche Entgegnung der in jedem denkbaren Punkte (des Leiblichen) vereinten Zieh- und Dehnkraft; Schelling zufolge ist hingegen alles Seiende an sich einfach, (und daher dem Wesen nach übereinstimmend; s. oben S. 9.) und zustandsartig nur von einander verschieden. Für die Natur giebt es nach S. zwey dergleichen Entwickelungszustände, aus denen, als letzten Gegensätzen, angeblich alle übrige Naturverschiedenheiten ableitbar sind; er nennt sie Schwere und Licht, weil in den Erscheinungen gleiches Namens die

Bedeutung jener Entwickelungsverschiedenheit am vollkommensten erkannt werden kann. Beides sind zugleich universelle und individuelle (jedem einzelnen Leiblichen zukommende, oder doch in und an jedem Leiblichen erzeugbare) Phänomene, von denen das eine: die Schwere, alles Leiblichsein auf das Einzelne (was ausserhalb des Mittelpunkts fällt, auf den Mittelpunkt), das andere: das Licht, die gesammte Leiblichkeit auf das Ganze (was zum Mittelpunkte neigt, auf den Umkreis) treibt und bezieht, und die beide gegenseitig sich vermitteln, in dem, was sich in jedem Leiblicheinzelnen als beharrliche Eigenthümlichkeit, d. i. als unabänderliche Copula erkennen, und im Weltganzen als ewiger Träger unermefslichen Seins und endlosen Thuns d. i. als unzerstörbare Weltseele erschliefsen läfst.

5) Während Kant's Annahme, wenn sie in ihrer ganzen Strenge durchgeführt wird, nie zur besonderen Mannichfaltigkeit und Eigenthümlichkeit, sondern stets nur zu einer räumlichen, quantitativen Verschiedenheit der Natur führt (wogegen aber jede Eigenschaft jeglichen Naturdinges zeugt), so bietet Schelling's Ansicht dagegen die Mittel dar: dem forschenden Geiste die Möglichkeit jener Mannichfaltigkeit und der damit verknüpften Eigenthümlichkeit der Leiblichen denkbar vorzuführen; aber Kant selber fafste seine eigene, oben angedeutete Ansicht nicht in der bemerkten Strenge auf, wenn es galt, jene Verschiedenheit der Natur zu erklären; denn seinen weiteren Folgerungen gemäfs, ist das Leibliche nicht durch Entgegnung der Grundkräfte entstanden, sondern es verdankt diesen Kräften nur seine, innerhalb bestimmbarer Grenzen nachweisbare Oertlichkeit, d. i. sein Raumerfüllen, und ist also als ein Drittes, von dessen Entstehen oder Vergehen wir nichts wissen können neben und mit den Grundkräften in jeglichem Naturdinge gegeben. Nimmt man nun ferner an, dafs dieses unerforschliche Dritte in jenen verschiedenen Leiblichen, welche in keine Ungleichartige zerlegt werden können (und die wir späterhin unter der Benennung Grundstoffe werden näher kennen lernen) auf eine ebenfalls unerkennbare Weise ursprünglich verschieden sey, so entgeht man freilich obigem gegen Kant's Ansicht ausgesprochenen Vorwurfe, gewinnt dann aber auch für die Erforschung der Natur durch besagte Ansicht kaum mehr, als man durch dieselbe wiederum verliehrt, indem sie, dem denkenden Geiste Gränze setzend, dort unergründliche Verborgenheit behauptet, wo es dem freien Geiste allein der Mühe werth scheinen dürfte, nöthigenfalls ein ganzes Mannes Leben daran zu setzen: solche Verborgenheit nicht gelten zu lassen, und den Glauben aus dem Ge-

biete des Forschers in das der empfindenden Anschauung verweisend (§. 1. Bem.) dort erreichbares Wissen vorauszusetzen: wo die gewonnene Einsicht mehr zu geben verspricht, als der eifrichste Naturbeobachter zu erwarten, je sich berechtigt halten dürfte.

6) In wie weit unseren aus der Beobachtung abgeleiteten Folgerungen über die Wesenheit der Dinge von Schelling's Identität der Wesen des Geistigen und Leiblichen (oder dessen, was in beiden als reines Sein, oder als reine Thätigkeit aufgefafst werden kann) abweichen, und in wieweit sie sich der Annahme zweyer Grundkräfte (durch deren Gegebensein alle Gegenthätigkeit des Leiblichen bedingt wird) nähern, zeigt §. 1. Bem. 1 — 7. §. 3. Bem. 4 — 5. u. m. vergl. m. Uebersicht des Syst. der Chemie S. 40 — 43.

§. 21.

Alles Bestehen und Verändern leiblicher Dinge findet Statt im **Raume** und erfolgt in der **Zeit**, und beide sind Hauptverhältnifse, ohne welche wir weder das Bestehen des Einzeln, noch das wechselseitige Verändern der Einzelnen uns zu denken vermögen. Ueber beide Verhältnifse belehrt der Gebrauch unserer äusseren Sinne, und beide werden für jeden einzelnen Fall bestimmt durch Messung der Ausdehnungsverhältnifse des Begrenztbestehenden und der Veränderungs Dauern des In-Wechselwirkung-Begriffenen.

Bemerk. 1) Jedes begrenzt Ausgedehnte ist seinem Umrifse nach bestimmbar. Dieser umfafst entweder einen wirklichen Gegenstand der äusseren Sinne, und dann nennen wir das Begränztausgedehnte ein leibliches oder materielles Wesen (oder auch einen phys. Körper), oder er umspannt nur einen gedachten Gegenstand, und dann heifst es (ein mathematisches Wesen, oder) ein mathematischer Körper oder ein leerer Raum. Beide stimmen hinsichtlich der Mefsbarkeit ihrer Ausdehnungsrichtungen überein. Indefs gilt die erstere Bestimmung nur von dem was mehr oder weniger starr und von dem was tropfbar flüssig ist; weder das Ausdehnsamflüssige noch das Strahlende (z. B. Licht und Wärme) kann den Dimensionen nach bestimmt werden, und nur in sofern als die Ausdehnsamen eingesperrt, und die Strahlenden zum Wirken inner-

halb abgeschlossener Grenzen gebracht werden, läfst sich beider Räumlichkeit mit anderen Räumlichen vergleichen.

2) Jeder gegebene, bestimmt begränzte Raum, wird ein relativer Raum genannt, indem er als Theil eines grössern Raums gedacht werden kann; absolut oder unendlich ist der Raum der Welt, den wir als den unendlich grofsen, d. i. den alle Einzelräume oder relativen Räume umfassenden Raum betrachten.

3) Bestimmen wir die Gröfse des erfüllten Raums (Quantitas spatii), den Cubikinhalt oder Inbegriff eines Körpers, so nennen wir dieses das Volumen desselben. Erforschen wir hingegen die Beschaffenheit des Raums (Qualitas spatii), den ein Körper einnimmt, so erhalten wir dadurch Vorstellungen von seiner Gestalt (Forma). Diese ist entweder äussere, durch das Verhältnifs der Lage der Flächen die den Körper umgränzen, bestimmt (Figuration, Figura); oder innere, aus dem Verhälthältnifse der Lage seiner Anhäufungstheile hervorgehend (Bau, Structur, Structura).

4) Die Raumbegränzung ist bei den natürlichen Körpern sehr verschieden; indefs lehrt doch die Erfahrung, dafs im Allgemeinen die organischen Gestalten krummlinig, die anorganischen hingegen geradlinig begränzt sind, oder sich begränzen, wenn nicht äussere einwirkende Kräfte Hindernisse in den Weg legen. Diese Verschiedenheit der Begränzungsweisen läfst sich auch erschliessen, wenn man das Organische als das Selbstständigere, mehr in sich wirkende, selbstthätigere, das Anorganische als das mehr nach Aussen wirkende, abhängigthätige oder nur gegenthätige betrachtet, und die krummlinige Begränzung als die individualisirtere ansieht. Indefs gilt diese Vergleichung blofs von dem Anorganischen, in so fern es gestaltet ist.

5) Die Räume selbst sind mefsbar d. h. ihre Grösse läfst sich vergleichen, und um dieses zu können, nimmt man in der Mathematik einen Raum von willkührlich bestimmter Grösse als zu vergleichende Einheit an; und sofern die körperliche Ausdehnung der Anschauung drei Hauptrichtungen (Dimensionen) der Länge, Breite (auf erstere senkrecht gehend), und Tiefe oder Dicke (auf beide senkrecht gehend) gestattet (wovon die gröfste dieser Dimensionen, im Falle sie ungleich sind: Länge und diese für sich gedacht Linie, deren Anfang der Punct ist, oder vielmehr, die durch Bewegung des Punktes entsteht, die folgende Breite, und beide vereint ohne Tiefe gedacht Fläche, und die kleinste Dicke genannt wird), in so fern nimmt man für die Linien einen Längenfufs, Zoll u. s. w. zum

Maafsstabe an; betrachtet sie aber nicht als zum Bestehen des Raums (der als stetige Grösse [Quantitas continua] keine Theile hat) nothwendige, sondern nur als der Möglichkeit nach vorhandene Theile. — In J. H. van Swinden's Verhandeling over volmakte Maaten en Gewigten. I—II. deel, Amsterdam 1802. I. §. 31. wird bemerkt, wie zwar der Ursprung der rheinländischen Ruthe unbekannt sey, die Standarte derselben jedoch seit langer Zeit in der Mauer des Rathhauses zu Leyden befestigt und aus einem eisernen Stabe mit zwey Hervorragungen bestehe; §. 319 II. heifst es ferner, dafs Lulof's Angabe, nach welcher der rheinländische Fufs 139,1335 pariser Linien hält, zu grofs wäre, weil sein pariser Fufs zu kurz und nur 143,93 paris. Linien grofs gewesen sey; — der rheinl. Fufs sey = 139,1157 paris. Linien. — Im Jahr 1816 bewirkte Eytelwein eine sorgfältige Ausmessung der beiden messingenen Normalellen, welche auf dem Rathhause in Cöln aufbewahrt werden. Mittelst eines Stangenzirkels und Meters fand er die Länge jeder dieser Elle 0,5748 Meter. Dies giebt für den cölnischen Fufs 0,2874 Meter oder 127,40325 paris. Linien. — Mit dem rheinländischen u. brandenburgischen Werkfufs übereinstimmend, ist der preufsiche Fufs (als künftiges Grundmaafs in sämmtlichen »preufsischen Staaten«); er ist = 139,13 paris. Linien, oder 0,31385354281 Meter, und 0,9157137 preufsische Fufs; oder 10,98856 preufsische Zolle sind gleich 1 cöln. Fufs; 12 cölnische Fufs vergleichen sich nahe 11 preufsischen. Vergl. Eytelwein's Vergleichung der gegenwärtig u. vormals in den königl. Preufsischen Staaten eingeführten Maafse u. Gewichte. Berlin 1810 u. Nachträge. Ebendas. 1817. 8. — Ueber Steinhäusers Maafssystem s. weiter unten §. 59. B. 15.

6) Das gesunde menschliche Auge unterscheidet etwa den zehnten bis zwölften Theil einer Linie (als 10ten oder 12ten Theil eines Zolles) genau, weiterhin hört genaue Unterscheidung auf; aber denken läfst sich eine weitere Eintheilung so weit, dafs jeder letzte Theil kleiner als jede bestimmbare Raumeinheit ist. Eine solche letzte Einheit des Raums hat Langsdorff (s. Anfangsgründe der reinen Mathematik. Erlangen 1802 8. 125. u. Ueber die Unstatthaftigkeit des Prinzips der unendlichen Theilbarkeit. Ebendas. 1804. 8.) unter dem Begriffe und unter der Benennung Raumpunkt oder Raumatom festzusetzen sich bemüht, sowohl um für die kleinsten denkbaren Räume einen Maafsstab zu besitzen, als auch um die Construction der krummen Linien (deren Elemente sich auf der einen Seite mehr als auf der andern gegen einander neigen) anschaulicher zu ma-

chen. Indefs sind diese Raumatome nur angenommen, nicht als für sich bestehende, die Möglichkeit des Raums begründende Theile anzusehen, und eben so wenig mit den später zu erwähnenden Massenatomen und chemischen Atomen, oder stöchiometrischen Massentheilen zu verwechseln. — Die Dicke dünner Blättchen mifst man, indem man z. B. 1000 aufeinander legt, stark prefst, die Höhe der ganzen Lage nach Linien bestimmt, und diese durch 1000 dividirt. Die Dicke der feinen Fäden schätzt man, indem man damit einen gleichdicken Stift z. B. $^1/_2$ Zoll hoch einfach umwickelt, und nun mittelst eines Vergröfserungsglases die in der Höhe von $^1/_2$ Zoll vorhandenen Fadenwindungen zählt, etc.

7) Die Weltkörper geben durch ihre Erscheinungen und Bewegungen ein bequemes Mittel an die Hand, die Zeit beliebig, jedoch so einzutheilen, dafs die Hauptabschnitte für alle Menschen erkennbar und mittheilbar sind; die mathematische Zeitrechnung oder Chronologie ist auf diese Weise entstanden. Nach Steinhauser würden richtiger (als nach der bisherigen Gregorianischen Einschaltungsart) eingeschaltet

alle 4	Jahre	1	Tag
— 29	—	7	Tage
— 33	—	8	—
— 128	—	31	—
— 161	—	39	—
— 450	—	109	—

Vergl. d. Gewerbsfreund III. 139 u. weiter unten §. 59. Bem. 15. Auch schlägt Steinhauser vor, den Kreis wie den Tag in 24 Stunden und in 96 Viertelstunden, die Viertelstunde aber in 16 Minuten, die Minute in 64 Secunden, die Secunde in 64 Tertien und die Tertie in 64 Quarten zu theilen, weil diese Theilung, durch stete Bissection des Sextanten, also geometrisch genau vollbracht werden kann. Man überhebe sich dadurch in der Astronomie und Geographie so häufig vorkommender Reductionen der Bogentheile in Zeit und der Zeit in Bogentheile des Aequators. Hiernach kämen auf den Umfang des Kreises:

24 Stunden, jede zu 15° der alten Theilung,
1536 Minuten, jede zu 14,375′,
98304 Secunden, jede zu 13,183515″,

Es stimmt diese Theilung bis auf die Viertelstunde mit der alten Zeittheilung überein und ist ganz dieselbe, deren sich der deutsche Bergmann seit mehreren Jahrhunderten zur Abtheilung des Horizonts bedient hat. Auch lassen sich die Rhumbe des Schiffscompasses, der den Horizont in 32 Winde (Rhumbe)

theilt, hiernach genau angeben, denn 1 Rhumb = 14' und $^1/_8$ Rhumb = 6' der vorgeschlagenen Theilung. Theilt man auf diese Weise den Quadranten eines Meridians (= 5130740 Toisen) so kommen auf die Stunde 855123 $^1/_3$ Toisen, auf die Minute 13361 $\frac{29}{129}$, auf die Secunde 208 $\frac{9437}{12288}$, auf die Tertie 3 $\frac{206045}{786432}$ und auf die Quarte 0,$\frac{2565341}{50331648}$ Toisen = 44,037 paris. Lin., die 10mal genommen, gerade die Länge des Secundenpendels unter der mittleren Polhöhe von 45° geben; s. weiter unten §. 59. Bem. 15.

8) Kehrt bei Körperveränderungen ein bestimmtes Zeitverhältnifs regelmässig wieder, so nennt man dieses die *Periodicität* oder *Wechseldauer* jener Veränderungen oder Erscheinungen, und sagt von der Wiederkehr, dafs sie *periodisch* Statt finde.

§. 22.

Jedes Leibliche *erfüllt* seinen Raum, und macht es unmöglich, dafs dort wo es ist noch ein anderes sein kann, es leistet daher gegen jedes *Andringende*, welches es aus seinem Raume zu verdrängen strebt, Wiederstand (vergl. §. 20.) oder ist für dasselbe *unverdrängbar*. Die *Unverdrängbarkeit*, sonst auch *Undurchdringlichkeit* (Impenetrabilitas) genannt, als allgemeinste Erscheinung an den Leiblichen, mufs einen eben so allgemeinen Grund haben, und diesen nennen wir die *Materie* (Materia) oder *Veste*; so wie die Gröfse oder Menge derselben die *Masse* (Massa, Quantitas materiae), deren Bestimmungsmethode später vorkommen wird.

Bemerk. 1) Die Alten liefsen die Dingenwelt aus dem Chaos hervorgehen; dieses war ihnen das noch nicht verschiedenartig entwickelte Daseiende. Will man für diese Abstraction des Begriffs der besonderen leiblichen Existenz etwas substituiren, so kann dazu der Begriff der Veste dienen, die dann aber nicht sowohl das Daseiende als Raumerfüllendes, sondern als überhaupt nur *Seiendes* bezeichnet, dessen Entwickelung oder Bestimmung zur raumerfüllenden Existenz oder entgegengesetzt, zum blofs thätigen geistigen Sein dann noch unterschieden ist. (Man vergl. Kastners Grundrifs der Chemie: Einleitung §. 2. und Einleitung in die neuere Chemie 3. Abschnitt).

2) Der Undurchdringlichkeit in obigem Sinne darf die chemische Durchdringung oder Mischung nicht entgegengesetzt werden.

§. 23.

Aus dem Verhältnisse der Masse eines Körpers zu seinem Volumen, ergiebt sich die Dichtigkeit (Densitas) oder Lockerheit (Raritas) desselben. Die Dichtigkeit kann bei einem Körper nicht für sich bestimmt werden, sondern es lassen sich nur die Verhältnisse der Dichtigkeit verschiedener Körper angeben, die man in dieser Rücksicht vergleicht; für diese Vergleichung gelten folgende Regeln:

1) Ist das Volumen (V, v) zweier (zu vergleichenden) Körper gleich, so verhalten sich ihre Dichtigkeiten (D, d), wie ihre Massen (M, m). Es sey $V = v$, so ist $D : d = M : m$.

2) Sind die Massen beider gleich, so verhalten sich ihre Dichtigkeiten umgekehrt, wie ihre Volumen. Es sei $M = m$, so ist $D : d = v : V$.

3) Bei ungleichen Volumen und ungleichen Massen verhalten sich die Dichtigkeiten der Körper überhaupt, wie die Quotienten der Körpermassen durch die Volumina. Es ist also

$$D : d = \frac{M}{V} : \frac{m}{v}.$$

Bemerk. 1) Denken wir uns gleich grofse Theile des Raums eines Körpers stets mit gleich viel Materie erfüllt (oder die Grundkräfte überall innerhalb der Grenze in gleicher Richtung und mit gleichem Mafse, d. i. von gleicher Art und Stärke sich entgegenwirkend) so sagen wir von seiner Dichtigkeit, dafs sie gleichförmig (densitas aequabilis, uniformis) sei; ist hingegen die Quantität der Materie in den gleichgrofsen Theilen verschieden, so ist die Dichtigkeit ungleichförmig (inaequabilis). In solchen Fällen, wie der letztere angegebene, bestimmt man die mittlere Dichtigkeit, (densitas media). Gesetzt die eine Dichtigkeit heifse D, die andere d, die mittlere Δ, das eine Volumen V, das andere v; so ist $\Delta = \frac{DV + dv}{V + v}$.

2) Die Gröfse der Masse eines Körpers, seine Gewichtigkeit oder Ponderosität (oder sein Gewicht für sich betrachtet) läfst sich nicht bestimmen, wohl aber das Gewichtsverhältnifs zu einem anderen

gegebenen Körper; und um daher auszumitteln, welcher Körper unter mehreren der gewichtigere sey, (in welchem Verhältnisse die Massengröfsen stehen) nimmt man die Gröfse des Drucks eines bestimmten Körpers gegen die Unterlage als zu vergleichende Einheit an. Man nennt diese Einheiten Gewichte; z. B. ein Centner, ein Pfund, ein Loth, ein Gran u. s. w., und die mittelst dieser Einheiten herausgebrachte Gröfse des Drucks, ohne dabei auf das Volumen des zu bestimmenden Körpers Rücksicht zu nehmen: sein absolutes Gewicht. Vergleicht man aber die Volumina zweier Körper bei gleichem absoluten Gewichte miteinander, so ergiebt sich hieraus ihre (comparative) Dichtigkeit, oder ihr specifisches Gewicht (vergl. oben), welches auch von Einigen die eigenthümliche Schwere oder Eigenschwere, besser das Eigengewicht der Körper genannt wird. Bei physikalischen Versuchen bedient man sich in Deutschland am häufigsten des Nürnberger Medicinalgewichts. Hiernach enthält:

das Apothekergewicht:

Pfund.	Unzen.	Loth.	Quentchen. (od. Drachmen).	Scrupel.	Gran.
℔	℥	℥β	ʒ	℈	gr.
1	12	24	96	288	5760
	1	2	8	24	480
		1	4	12	240
			1	3	60
				1	20

Ausserdem rechnet man auch nach köllnischem Markgewicht, wo man das Pfund (131072 Rpfth.) in zwei Mark, die Mark (65536 Rpfth.) in sechszehn Loth, das Loth (4096 Rpfth.) in vier Quentchen, das Quentchen (1024 Rpfth.) in vier Pfennige, und den Pfennig in 256 Richtpfennigstheile, oder in 17 Eschen theilt.

Nach dem Civilgewichte enthält:

Pfund.	Loth.	Quentchen.	Scrupel.	Gran.
		und demnach:		
1	32	128	384	7680

welche letztere beide jedoch nicht gebräuchlich sind.

Nach dem englischen Troy-Gewicht enthält ein Pfund (104688 Rpfth.) 12 Ounces, eine Ounce (8724 Rpfth.) 20 Penny weights, ein Penny weight (436$^1/_5$ Rpfth.) 24

Grains, ein Grain $18\frac{17}{40}$ Rpfth.) 20 Mites, eine Mite ist = $\frac{687}{800}$ Richtpfennigstheile. — Nach dem altfranzösischen Troys-Gewicht wird das Pfund (137458 Rpfth.) in sechszehn Unzen, die Unze ($8591\frac{1}{8}$ Rpfth.) in acht Gros, der Gros ($1073\frac{57}{64}$ Rpfth.) in drei Deniers (Scrupel, die man auch in 2 Obele theilt), jeder zu 24 Grains, oder überhaupt in 72 Grains getheilt. Ein Grain ist = $14\frac{4153}{4608}$ Rchtpfth. Das neue französische Gewicht weicht hievon sehr ab; seine Eintheilung beruht auf einem neuen, von allen französischen Physikern angenommenen System, nach welchem als Grundlage der vierte Theil des Erdmeridians zwischen dem Aequator und dem Nordpole angenommen worden ist, dessen zehnmillionster Theil unter der Benennung eines Mètre als Einheit der Maase gilt. (Man verlängerte nemlich zu diesem Zwecke den Pariser Mittagskreis so weit als möglich gegen Süden, und liefs einen Bogen von fast 10 Graden mit grofser Sorgfalt messen, um daraus die mittlere Gröfse eines Meridiangrades zu finden. Hieraus suchte man nun den vierten Theil des Umfangs eines Mittagskreises vom Nordpol zu dem Aequator gerechnet zu bestimmen, theilte diesen in 100 Grade, den Grad in 100 Minuten, die Minute in 100 Secunden, also den Quadrat in 1 Million Secunden, und nannten den 10ten Theil einer Secunde Meter = 443,296 Paris. Linien.) Der hunderste Theil dieses Mètre ist einer, in einem cubischen Gefäfse enthaltenen Quantität reinen (destillirten) Wassers gleich, welche dem Gewichte zur Einheit dient, und im Vacuo bei der Temperatur des schmelzenden Eises gewogen: 18,841 Gran beträgt. Man hat dieses Gewicht Gramme benannt, und daraus durch Multiplication und Division alle grösseren und kleineren Gewichte gebildet, die auf folgende Weise abgetheilt sind:

Decagramme (Gewicht von 10 Grammen) = $2\frac{2}{3}$ Quentchen.
Hectogramme (Gewicht von 100 Grammen) = $3\frac{1}{4}$ Unze.
Kilogramme (Gewicht von 1000 Grammen) = 2 Pfund 5 Quentchen 49 Gran.
Myriagramme (Gewicht von 10000 Gramm) = $20\frac{1}{2}$ Pfund.
Decigramme (0,1 Gramme) = 2 Gran.
Centigramme (0,01 Gramme) = $\frac{1}{5}$ Gran.
Milligramme (0,001 Gramme) = $\frac{1}{50}$ Gran.

Man vergl.; Ueber das neue System der Maase und Gewichte d. franz. Republick von Coquebert — in Grens neuem Journ. d. Phys. B. III. S. 424. Drechslers Tabellen zur Vergl. d. neuen franz. Maase und Gew. in Trommsdorff's Journ. B. IX. —

Wechselseitige Reduction des neuen französischen und Nürnberger Medizinalgewichts; von L. SCHNAUBERT; in TROMMSDORFFS Journ. d. Pharm. B. XII. St. I. S. 196. u. ff. Dem, seit dem 1ten Obr. 1811 in Baiern eingeführten Maaſs- und Gewichtssysteme zufolge, ist ein neues bürgerliches Pfund = 560000 Milligramme; 1 Unze, deren 12 auf ein Medicinalpfund gehen, = 30 Grammes. — Nach dem holländischen Troys-Gewicht enthält ein Pfund (137970 Rpfth.) sechszehn Oncen, die Once (8623 Rpfth.) zwanzig Engels, der Engel ($431\frac{5}{32}$ Rpfth.) zwei und dreiſsig As, und der As ist = $13\frac{485}{1024}$ Rpfth. Gold und Silber bestimmt man gewöhnlich nach köllnischem Markgewicht. Bei dem Golde theilt man ein Mark (65536 Rpfth.) in 24 Karat, und das Karat ($2730\frac{2}{3}$ Rpfth.) in 12 Grän, ein Grän ist = $227\frac{5}{9}$ Rpfth. — Bei dem Silber wird die Mark (65536 Rpfth.) in 16 Loth, das Loth (4096 Rpfth.) in 18 Grän, jeder zu $227\frac{5}{9}$ Rpfth. gerechnet, getheilt. — Das preuſsische Pfund soll, nach der Maaſs- und Gewichtsordnung übereinstimmen, mit dem Gewichte des sechs und sechszigsten Theils eines preuſsischen Kubikfuſses destillirten Wassers im luftleeren Raume, bei einer Temperatur von fünfzehn Graden der Reaumurschen Merkurthermometer Skale. Dieses Pfund dient zur Bestimmung aller übrigen Gewichte und ihrer Abtheilungen, wie folgende Tafel hinsichtlich der preuſsischen Handels-, Münz-, Gold- und Silber-Gewichte zeigt:

Zentner.	Pfund.	Mark.	Loth.	Quentchen.	Grän.
1	110	220	3520	14080	66360
	1	2	32	128	576
		1	16	64	288
			1	4	18
				1	$4\frac{1}{2}$

Marken und Gräne beziehen sich hiebei auf das Münz-, Gold- und-Silbergewicht. Die preuſsische Schiffslast hält 4000 Pfund. Das Medicinalgewicht hält 24 preuſsische Loth und stimmt hinsichtlich seiner Eintheilung mit dem Nürnberger Medicinalgewicht überein. — Juwelen werden nach Karaten und deren Eintheilung in halbe, viertel u. s. w. gewogen. Einhundert sechszig solcher Karate sollen neun preuſs. Quentchen gleich sein. Hiernach ist 1 Karat = 0,0140625 pr. Loth. — Zur Vergleichung des preuſsischen Pfundes mit dem französ. Grammengewicht, ist wegen der verschiedenen Temperatur, auf welche sich das Gewicht des destillirten Wassers be-

zieht, das Eigengewicht dieses Wassers bei 15° R. auszumitteln; da nun Gilpin's späterhin (§. 78. Bem. 6.) zu erwähnenden Versuchen gemäfs, die Eigengewichte des Wassers vom 12ten bis zum 20ten Grade des Reaumurschen Thermometers regelmäfsig fortschreiten, so findet man, nach der Lehre vom Einschalten (Klügel's mathemat. Wörterb. II. S. 14.) für das Eigengewicht des destillirten Wassers im luftleeren Raume, bei 15° R. die Zahl 0,998483; vergl. Eytelwein a. a. O. S. 11. Ferner ist nach Eytelwein das Gewicht eines preufsischen Kubikzolls des dichtesten destillirten Wassers im luftleeren Raume bei 3½ Grad = 17,89111448 Grammen, man findet daher das Gewicht desselben Wassers bei einer Temperatur von 15° R. = 17,89111448 . 0,998483 = 17,863973659 Grammen. Der Kubikfufs hält 1728 Kubikzoll, und das preufsische Pfund soll ebensoviel als der 66ste Theil eines solchen Kubikfufses wiegen, multiplicirt man daher 17,863973659 mit 1728 und dividirt das Product mit 66, so findet man für das Gewicht eines preufsischen Pfundes

467,7113103534678 Grammen oder
8805,67100 pariser Grains, oder
7223,41478 engl. Troy Grains, oder
9729,84637 holländ. Afs.

Ferner ist hiernach

1 preufsisch Medicinalpfund = { 350,78348 Grammen.
6604,25325 franz. Gräins.
5417,56108 engl. Troygrains.
7297,38476 holländ. Afs. }

1 preufsisch Loth = { 275,177218647 franz. Grains.
225,731711815 engl. Troygrains.
304,057699117 holländ. Afs. }

1 Gramme =	0,06841827275	preufs. Loth.
1 franz. Grain =	0,00363402176	— —
1 engl. Troygrain =	0,004430046	— —
1 holländ. Afs =	0,0032888846	— —

1 pseufs. Loth ist gleich 10000 preufs. Richttheilen; 1 preufs. Richttheil ist = 1,4616 Milligramme und fast gleich einem Richtpfennige. Da nach Eytelweins sorgfältigen Prüfungen der im Cölner Rathhause befindlichen sehr verschiedenen Probegewichte die wahre Gröfse des Muttergewichts der cölnischen Münzmark nicht auszumitteln war, so läfst sich nur aus der Zusammenstellung der bekannten früheren Ausmittelungen die Gröfse der cölnischen Mark bestimmen.

Nach EISENSCHMIDT ist dieses Gewicht	=	233,81128	Grammen
	oder =	15,9970	preufs. Loth;
nach TILLET hingegen =		233,8644	Grammen
	oder =	16,0006	pr. Loth, und
nach den Bestimmungen der Kommissionen zur Ausmittelung der Maafse und Gewichte des Ruhrdepartements =		233,8619	Grammen
	oder	16,0004	pr. Loth,
mithin ist 1 Mark cöln. =		16	Loth pr.

5 Wiener Mark sind = 6 cöln. Mark, 1 Wiener Mark ist = 280644 Milligrammen, 1 Wiener Pfund ist = 32 Loth = 128 Quentch. = 512 Sechszehntheilchen = 560012 Milligramme; 1 Sechszehntheilchen = 1093, 773 Milligramme. — Die Libra der Römer wurde in 12 Unzen getheilt; auf das alte Pariser Gewicht reducirt ist 1 Libra = 10 Unzen, 6 Quentchen und 48 Gr., 1 Uncia = 7 Quentch. 19 Gr., 1 Drachma = 65 Gr.; 1 Obolus = 11 Gr., und 1 Siliqua = 4 Gr. Ueber die Gewichte der Griechen, und verschiedene inländische u. ausländische, vergl. meine Einleitung in die neuere Chemie. S. 40.

Zur Quantitätsbestimmung flüssiger Substanzen bedient man sich gewöhnlich der Capacitätsmaase (Gemäse), wiewohl bei chemischen Arbeiten alle anzuwendenden Flüssigkeiten gewogen werden sollten. In Deutschland hält das preufsische Stoff, Quart oder Maas 3 Pfunde Medicinalgewicht, der Schoppen 12 Unzen, der Viertelstoff oder Quartier 9 Unzen; das sächsische 2 bürgerliche Pfunde. Das alte französische Maas bestand aus Pinten (jede zu 32 Pariser Unzen gerechnet), Schopinen oder Seideln (jede zu 16 Unzen gerechnet), Demiseptier (jeder zu 8 Unzen) und Gallons jeder zu 8 Pfd. oder 4 Pinten gerechnet. Bei dem Neufranzösischen dient das Litre (ein cubisches, dem Decimètre zur Seite stehendes Gefäfs), welches ohngefähr 2 Pfund Wasser fafst, zur Einheit. Die englische Pinte hält 16 Unzen, und der Gallon 7 Pinten. Eine schwedische Kanne fafst 5½ Pfund das Pfund zu 16 Unzen gerechnet. Vergl. §. 21. Bem. 5.

3) Zur Vergleichung obiger Gewichte diene folgende Uebersicht:

1 Gramme,	= 16,0910 nürnberg. Gran.
	= 18,82715 franz. Grain.
	= 15,444 engl. Grains.
	= 280,5441 Richtpf. Gew.

1 Gran nürnb. Medic. Gew.	= 1,170	franz. Grain.
	= 0,9597	engl. Grain.
	= 62,143	Milligramme.
	= 17,4346	cölln. Richtpfgew.
1 Grain französ. Markgew.	= 0,8546	nürnb. Gran.
	= 0,8203	engl. Grain.
	= 53,114	Milligramm.
	= 14,9010	cölln. Rchtpfgew.
1 Grain engl. Troygew.	= 1,04185	nürnb. Gran.
	= 1,2190	franz. Grain.
	= 64,747	Milligramme.
	= 18,1643	cölln. Rchtpf.

§. 24.

Die Vorstellungen der Naturforscher über die Möglichkeit der verschiedenen Dichtigkeit der Materie, und über die dabei nöthigen Bedingungen, weichen von einander ab. Die älteste Meinung besteht in der Annahme eines im ganzen Weltall vorhandenen zerstreuten leeren Raums (Vacuum disseminatum), der in verschiedenen Verhältnissen, als in den Massen vorhanden gedacht, eine mehr lockere oder dichtere Beschaffenheit derselben zur Folge hat. Die Materie selbst wird dabei als in möglichst kleinen, mechanisch nicht trennungsfähigen Gränzen gehalten, als untheilbare Körperchen (Corpuscula) oder Atome vorgestellt, von deren gegebenen Menge (Masse) die Dichtigkeit eines Körpers abhängt.

Bemerk. 1) Mit dieser angenommenen Porosität der Materie darf die Porosität der Körper nicht verwechselt werden. Nach Loewenhoek bietet ein Stück Menschenhaut von $^1/_{10}$ Zoll Quadratfläche mikroskopisch untersucht 10000 Hauptporen dar, dies giebt auf 1 Quadratfuſs 1200000. — Ueberzieht man Eyer, Aepfel u. s. w. mit Wachs oder Fett, so verschlieſst man damit ihre zahlreichen Poren, verhindert dadurch das Eindringen der äusseren Luft und hiemit das Faulwerden. Schon die oberflächliche Betrachtung besonders fester Körper zeigt nämlich mehr oder minder groſse Zwischenräume (Pori), die nicht mit der Masse des Körpers, sondern mit andern ungleichartigen Materien z. B. Luft, Dampf, Wasser u. s. w. erfüllt sind, und daher bei der Dichtigkeitsbestimmung die Festsetzung der mittleren Dich-

tigkeit (vgl. §. 22.) nöthig machen. Auch bei mehreren Körpern die nicht porös scheinen, läfst sich dennoch die Gegenwart solcher Poren und ihrer Ausfüllungsmassen durch (in der Folge vorkommende Versuche) nachweisen; Materien hingegen, denen Zwischenräume der Art mangeln, gestehen wir Stetigkeit, Continuität (Continuitas) zu; die sowohl Wirkung einer expansiven als einer contractiven Kraft sein kann. In einem stetigeu Ganzen ist kein Theil der letzte, oder die Endgränze eines Theils ist die Anfangsgränze eines andern.

2) Die Materie als das Bewegliche, Ausgedehnte, Unverdrängbare und Theilbare im Raume, wird von denen, welche leere Räume und Atome gestatten, als durch ihre Existenz den Raum erfüllend, als das unvernichtbare, ewig daseiende Wesen der Natur gedacht. Man nennt diese Naturansicht das atomistische oder Corpuscularsystem, oder die mechanische Naturphilosophie. Ihre vorzüglichsten Vertheidiger waren unter den älteren: Leucippus (in Diogenis Laertii vita philosophorum. Lugd. 1559. p. 372.) Democritus (ib. p. 377.), Epicurus (ib. p. 427.), Lucretius, (a. a. O., vergl. §. 2. N. 3, in neueren Zeiten Gassendi (vergl. §. 13.); le Sage (Lucrece Newtonien in den nouv. mem. de Berlin. Ann. 1772. p. 394.) und Prevost (de l'orgine des forces magnetiques. Genev. 1778. A. d. F. übers. Halle 1794. 8.). Letztere nahmen ausser den Atomen (denen sie wie ihre Vorgänger gewisse unveränderliche Formen zuschrieben) noch ein ursprünglich repulsives Fluidum, den Aether an; und suchten dadurch die von ihnen nicht zu leugnenden Phänomene der Anziehung und Abstofsung (also auch die denselben zu Grunde liegenden, von den Corpuscularphilosophen als der Materie zufällig inwohnend angenommenen Kräfte) zu erklären. In der ganzen Ansicht waltet der Zufall als bestimmendes Princip; daher die willkührlichen Hypothesen, zu denen man so häufig seine Zuflucht nahm, um, wie man wähnte, bei den Erklärungen mit Atomen auszureichen, während man doch nur idem per idem, Undurchdringlichkeit durch Undurchdringlichkeit u. s. w. erklärte. Beispiele gewähren die in der Folge vorkommenden Erscheinungen der Elasticität, der chemischen Durchdringung, der Durchsichtigkeit, u. s. w. Weder a priori noch a posteriori (vor dem Richterstuhle sinnlicher Wahrnehmung wollten sich die Atome, aller Mühe ohnerachtet, niemals stellen) läfst sich diese Ansicht erweisen, und kann daher nur Anspruch auf den Werth einer Hypothese machen. Das blofs Erdachte, Schwankende und Zufällige darin, bezeugte einer ihrer wärmsten Vertheidiger Gassendi, durch sein letztes

Geständnifs: dafs er von sich, von seinem Daseinszweck und von der Welt überhaupt nichts wisse, und durch alle Erforschung (auf seinem eingeschlagenen Wege) nichts erlangt habe, als spitzfündige Witzeleien.

3) Wesentlich abweichend von dieser älteren, ist die neuere Corpuscularphilosophie oder Atomenlehre; welche den Atomen Ziehkräfte und dem sie als Urflüssiges umgebenden Wärmestoff ursprüngliche Ausdehnsamkeit und dadurch vermittelte Abstofsung und gegenseitige Entfernung der kugligen Atome zuschreibt; vergl. m. Einleitung in die neuere Chemie S. I. u. III. Abschnitt u. IV. Abschn. S. 508–500 u. S. 520–521.

4) Der Ausdruck: die Materie erfüllt ihren Raum mit Stetigkeit (Continuitas), setzt die Verneinung des leeren Raums voraus. Die Stärke und Innigkeit dieser Raumerfüllung, oder die Anhäufung der Materie in bestimmten Massen ist verschieden (vgl. oben u. §. 22.), und es läfst sich denken, dafs diese Verschiedenheit von der Intensität beider Grundkräfte (§. 22.) abhänge; aber dadurch ist das Phänomen auch nicht erklärt, sondern nur weiter hinaus geschoben, und dann fehlt noch das Dritte (vergl. §. 20. N. 2.), welches das einmalige Kraftverhältnifs permanent macht.

5) Wir unterscheiden wahre und scheinbare Dichtigkeit; die erstere ist das Resultat der Dichtigkeitsprüfung bei vollkommener Gleichartigkeit der raumerfüllenden Materie eines Körpers, die letztere hingegen ist es bei Ungleichartigkeit der den Körper bildendern besonderen Materien.

§. 25.

Einer andern Vorstellung zu Folge bilden die §. 20. erwähnten Grundkräfte die besonderen Materien. Indem die Materie uns erscheint, steht sie mit unserm forschenden Geiste durch die Sinne in thätige Beziehung (was sie dem Geiste ohne die Vermittelung sinnlicher Wahrnehmung sein würde, wissen wir nicht), sie ist also etwas Thätiges, und da wir alle Thätigkeit und Veränderungsursache durch den Ausdruck Kraft bezeichnen (vergl. §. 18.), so denkt man sich die Materie selbst als Kraft, oder als ein durch Kräfte hervorgebrachtes Seinsverhältnifs, und construirt daher (bildet in der Idee) die Materie überhaupt aus zwei entgegengesetzten Kräften, die sich durch vollkommene Einfachheit characterisiren,

und in verschiedenen Verhältnissen von Wechselwirkung gedacht, die Möglichkeit von aller Verschiedenheit der Materie sowohl, als von allen thätigen Beziehungen derselben nach aussen begründen sollen. Diese dynamische Ansicht der Natur faſst die thätige Materie als das Spiel entgegengesetzter Kräfte auf, erkennt Atome nicht an als letzte Theile der Materie, verwirft die Idee des leeren Raums, läſst alle Ungleichartigkeit und Verschiedenheit der Materien aus der Verschiedenheit des gegenseitigen Verhältnisses jener Kräfte, der Repulsiv- und Attractivkraft (die daher als vires primitivae, s. originariae, s. fundamentales, vgl. §. 20. bezeichnet werden) hervorgehen, und versucht es, diese Kräfte a priori (vergl. oben) abzuleiten; da indeſs die Kräfte als solche nicht unmittelbares Erfahrungs-Object sein können, so ist auch die Annahme derselben nicht durch Beobachtungen und Versuche zu beweisen.

Bemerk. 1) Der Dualismus, der es unter verschiedenen Formen von jeher versucht hat, sich für die gesammte Physik zum leitenden Principe aufzuwerfen, ist in dem dynamischen Systeme im Allgemeinen am strengsten durchgeführt; die speciellere Würdigung desselben hat stets mit mehr oder weniger Schwierigkeiten zu kämpfen gehabt. Schon Boscowich entwickelte Ansichten über die Natur, die der dynamischen nahe kommen; (vergl. auch meine Einleitung in die neuere Chemie den letzten §.) und glaubte (wie früher Neuton, dieses vom Lichtstrahl vermuthete) daſs Anziehung bei gröſserer Näherung sich in zurückstoſsende Gewalt zu ändern vermöge; aber selbst die Mathematik lehrt uns, daſs die Linien nicht anders auf die entgegengesetzte Seite fallen, als wenn sie durch das Unendliche gehen (Link a. a. O. 289—290); dasselbe that Priestley (in dessen disquisitions relating to matter and spirit. London 1778.), der eigentliche Schöpfer des dynamischen Systems war aber Immanuel Kant vergl. §. 20. N. 3). Eine speciellere Anwendung desselben auf chemische und physiologische Gegenstände versuchte Eschenmayer zuerst (C. A. Eschenmayer principia quaedam disciplinae naturali in primis Chemiae et Metaphysicae naturae substituenda. Tubing. 1796. 8. Deutsch: Tübing. 1797. 8.) und nach ihm verschiedene Naturforscher. Man vergl. übrigens noch Schellings allg. Deduction des dynamischen Processes, in

s. Zeitschr. f. specul. Phys. I. 2. S. 110. und die Einleitung zu seiner Weltseele. Neue Auflage; desgleichen meinen Grundrifs der Chemie. Heidelberg 1807. S. 140.

2) Fries (Entwurf d. Syst. d. theoret. Phys. 27.) bemerkt über Kant's erste Darstellung der mathematischen Dynamik, dafs sie eine zu grofse Theilung ihrer Grundgedanken enthalte, und dafs ihr die Vollendung fehle. Daher sei sie fast immer falsch aufgefafst worden. Desgleichen fehle über die Lehre von den Grundkräften hinaus viele Ausführung. Man müsse hier vier Gegensätze unterscheiden:

1) den von Masse und Kraft,
2) von Kraft und Trieb,
3) von Mechanismus und Organismus,
4) von Tod und Leben,

welche die Hauptunterscheidungen unserer Wissenschaft enthielten. Die Formen der Naturerscheinungen, deren Gesetz man einen physischen Procefs nenne, bestimmten sich nicht unmittelbar durch die Grundkräfte der Körper, sondern durch die Naturtriebe d. h. durch die Wechselwirkungen, welche sich für die Körper erst vermittelst der Verhältnisse der Grundkräfte zum Raume ergeben. Die ersten Unterschiede der Triebe in den Processen sein Mechanismus d. h. Streben nach Gleichgewicht, und Organismus, d. h. Procefs des Kreislaufs oder der Wiedererneuung eines Systems von Bewegungen. Jedoch sei das Leben selber nicht zu verwechseln mit den organisirenden Trieben.

3) Sofern die Ausgedehntheit der Materie als ihre erste Eigenschaft angesehen wird, kann man auch mit einigen Schriftstellern, die Repulsivkraft als die positive (vis positiva) und die die Repulsion hemmende Attractivkraft als die negative (vis negativa) Grundkraft (der dynamischen Ansicht gemäfs) betrachten; nie kann aber die eine oder die andere der Kräfte als vollkommen frei oder für sich seiend angesehen, und noch weniger in der Natur nachgewiesen werden.

4) Der dynamischen Ansicht zufolge ist:

a) Das Wesen des Leiblichen nicht zu setzen in die Gegenwart im Raume vorhandener Einzeltheile, sondern in die Gegenwart des Stetigen und in dessen ursprüngliche Kräfte; und wird

b) das Leibliche vorgestellt, durch reine mathematische Anschauung, als im Raume Bewegliches, Begrenztes, wie es gegeneinander sich verhält; und in dieser Hinsicht zeigt es folgende Verschiedenheiten:

α) Die Bewegung des Beweglichen wird von uns empfunden, oder unmittelbar sinnlich wahrgenommen als Stoſs, Druck und Zug; Spannung und Dehnung, und diesen entsprechend in den Phänomenen des Schalls, des Lichtes und der Wärme.

β) Das Bewegliche wird als Masse wahrgenommen in den Erscheinungen der Anziehung aus der Ferne wohin die Phänomene der Schwere und des Magnetismus gehören; der Anziehung innerhalb der Substanz des einzelnen Raumerfüllenden: Cohäsion und Cohärenz; der Anziehung bei der gegenseitigen Berührung einzelner Raumerfüller: Adhäsion, Capillarität und Krystallisation; der Anziehung bei der Durchdringung: Chemismus (Mischung) und Assimilation (Einleibung); und in den Erscheinungen der Abstoſsung innerhalb der Einzelsubstanz: Expansibilität (Ausdehnsamkeit und Ausdehnung);

γ) Das Bewegliche wird nicht als Masse wahrgenommen, sondern nur erschlossen bei Erscheinungen durch mittelbare Beobachtungen: Elektricität.

δ) Das Bewegende wird erschlossen und das Bewegliche empfunden, und in den Lebenserscheinungen selbstthätiger Leiber: Organismus und organischer Proceſs.

§. 26.

Eine andere Ansicht der Natur, die in neueren Zeiten durch eine höhere Einung des besseren Theils der atomistischen und der dynamischen Lehre hervorgegangen ist, versucht es, aus dem Unbedingten (Absoluten), wo Thätigkeit und Sein eins sind, die Möglichkeit des Bedingten, des Daseienden, der Materien und ihrer Verschiedenheiten nachzuweisen; indem sie die Schwere gleich setzt dem Aufnehmen des Einzelnen in die Ruhe des Seins im Raume, und das Licht — der Aufnahme des Einzelnen in die Bewegung des Werdens in der Zeit vergl. §. 20. Bem. 3. u. ff.

Bemerk. 1) Wirklichkeit und Möglichkeit, Raum und Zeit, Ruhe und Bewegung, Princip des Daseins und des Werdens, sich weshselseitig bedingend, gelangen dem Obigen zufolge zur Darstellung in den lebenden Organismen und zur Erscheinung in der gravitirenden und leuchtenden Sonne.

2) Ueber die Beständigkeit und Unvernichtbarkeit der Materien belehrt uns die gesammte Erscheinungswelt, aber indem sie dieses thut, zeigt sie uns auch, dafs die « nicht lebenden Organismen angehörige Materie » nur durch Gegenthätigktit sich verändert, nur abhängig thätig ist, und als solche auch wohl als durch Gegenkräfte entstanden und bestehend gedacht werden kann, die, indem sie sich ins Gleichgewicht setzen und aus dem Gleichgewichte bringen nur bewegen, hingegen Materie erzeugen indem sie sich einen. Vergl. m. Einleitung in die neuere Chemie §. 85.

3) Ausser den erwähnten Ansichten der Natur giebt es noch verschiedene andere, die sich indefs den oben geschilderten mehr oder weniger anschliefsen. Hieher gehört z. B. jene, welche alle Raumerfüllende aus Wesen entstehen läfst, die an sich im Raume wirksam sind, ohne ihn zu erfüllen, und die zusammen unter der Benennung Imponderabilien (d. i. den Gesetzen der Erdschwere nicht unterworfene Substanzen) begriffen oder durch den Ausdruck strahlende Potenzen (Licht, Wärme u. s. w.) bezeichnet werden. In meiner vergl. Uebersicht d. Syst. d. Chem. S. 110 führe ich sie unter der Benennung: An sich empfindbare Gemeinwesen auf, gewichtige Materien, so wie auch die einzelnen Elektricitäten, unter dem Namen Einzelwesen, davon unterscheidend. Jene Ansicht behauptet unter andern von den Strahlenden, dafs sie sich durch erfüllte Räume (z. B. durch Luft u. s. w.) so verbreiteten, als wenn dieselben leer wären; s. weiter unten Kap. X. u. XI.

4) Noch mufs hinsichtlich der Kantischen Ansicht folgende Darlegung des Verhältnisses der Grundkräfte (§. 25. Bemerk. 1.) zu einander und zu dem Beweglichen, Stetigen (vergl. §. 25. Bemerk. 4.) berücksichtigt werden.

a) Die Grundkräfte wirken entweder entfernte Punkte einander nähernd, oder nahe von einander entfernend; im ersteren Fall entspringt aus ihrer Wirkung Anziehung, im letzteren Abstofsung;

b) Sie wirken entweder in endlose Fernen nach dem umgekehrten Verhältnifs ihrer Verbreitung durch den Raum, d. h. nach dem umgekehrten Verhältnifs des Quadrats der Entfernung, oder nur in der Berührung, d. h. nach dem umgekehrten Verhältnisse des Raums den das Raumerfüllende einnimmt, und heifsen in diesem Falle Flächenkräfte. Die Raumfüller werden mithin zeigen, sofern sie gegeneinander wirken, entweder ein bestimmbares Maafs der Anziehung oder der Abstofsung aus der

Ferne, oder ein bestimmbares Maafs der Anziehung oder der Abstofsung (Ausdehnung) in der Berührung; denn es können

c) die Grundkräfte nach Maafsgabe ihrer verschiedenen Ausgleichung oder Einung auch verschieden sein dem Grade nach. (Die Grade der allgemeinen Anziehung und des Angezogenwerdens, d. i. der Schwere verhalten sich wie die Massen, und daher gilt als Maafs der Masse das Gewicht. Die Grade der Abstofsung verhalten sich wie die nach allen Seiten Druck erzeugende Ausdehnungsgewalt, und daher setzen wir als Maafs der Abstofsung die allseitig nach Aussen gerichtete Druckgewalt, genannt die Spannung).

d) Vermöge der Abstofsung innerhalb der Einzelsubstanz (§. 25. Bemerk. 4. d) erfüllt die Materie den Raum und widersteht sie dem Andringen, oder ist mechanisch undurchdringlich.

e) Abstofsungs und Zuggewalt, in Verbindung und Gegenwirkung, bei bestimmten Druck von Aussen, erzeugt die Unterschiede der Dichtigkeit, ohne leere Zwischenräume; vergl. oben §. 23. Bemerk. 1.

f) Desgleichen geben sie in Verbindung auch die Unterschiede der Zustände; §. 16. Bemerk. 2. und

g) durch Einung die Unterschiede der specifischen oder Stoff-Verschiedenheit der Materien.

h) Wird eine durchdringende (sich mischende) Materie stärker bewegt, als die chemische Anziehung auf sie wirkt, so soll sie sich durch die chemisch ziehende hindurch bewegen können, ohne dafs es dazu der Poren bedürfe. Dieses sei der Fall bei Flüssigkeiten von überwiegender Ausdehnsamkeit, die daher unsperrbar sein; §. 26. Bemerk. 3.

5) Wo die Gegeneinanderwirkungen der Materien nur als Bewegungen wahrgenommen werden, nennen wir das statthabende Wechsel-Wirkungsverhältnifs Mechanismus, wo zugleich Durchdringungen (§. 3.) stattfinden: Chemismus, und wo zugleich Einverleibungen oder Assimilationen (§. 26. Bem. 3. β.) eintreten: Organismus. Bei der Betrachtung des Mechanismus sehen wir mehr oder weniger ab von dem Eigenthümlichen der beweglichen Wesen, und fafsen dagegen vorzüglich das Allgemeine und Gemeinsame ihres Gegenwirkens in's Auge; bei dem Organismus oder den organischen Thätigkeiten suchen wir hingegen umgekehrt die Art und das Maafs der eigenthümlichen Wirkungen zu erforschen, und bei der Würdigung des Chemismus bestimmen wir zugleich sowohl das Bedingende möglicher Wirkungseigenthümlichkeit (so weit diese

vom Leiblichen abhängig ist) als auch die Art wie das Einzelne als solches sich im Mechanismus sondert, theils indem es allgemeine Wirkungsarten veranlaſst, theils indem es Abänderungen des Gemeinsamen im Wirken zu Wege bringt; betrachten wir daher zunächst jene Verhältnisse näher, welche die Möglichkeit gestatten im Gebiete der Beschaffenheiten und Erscheinungen den Chemismus vom Mechanismus und Organismus zu unterscheiden.

§. 27.

Der Eindruck den die verschiedenen Leiblichen auf unsere Sinne machen, zeugt von eben so häufig begründeten verschiedenen Beschaffenheiten oder Qualitäten der Materie (Qualitates materiae). Alle Sinnesorgane dienen dazu, diese Verschiedenheiten wahrzunehmen, jegliches nach seiner eigenthümlichen Organisation (vergl. §. 3. N. 1.); unter allen sind aber Geruch und Geschmack diejenigen, welche bei'm Gebrauch über jene Entgegengesetztheit der Qualitäten (chemische Bestimmbarkeit) welche sich durch Mischungserscheinungen zu erkennen geben, daher auch durch den Ausdruck: chemische Beschaffenheiten bezeichnet werden, die bestimmtesten und eigenthümlichsten Vorstellungen gewähren. Die übrigen Qualitäten der Dinge, welche wir mit Hülfe der Gefühls- Gehörs- und Gesichtsorgane wahrnehmen, zeugen zwar auch von gewissen Gegensätzen, aber wir gelangen zu deren Bestimmung mehr durch Schlüsse, als durch unmittelbare Empfindung.

§. 28.

Die chemischen Qualitäten der einzelnen Materien können, wie es sich von selbst versteht, nur dann bemerkbar werden, wenn wir diese einzelnen Materien gesondert darstellen, welches (durch chemische Anziehung der mit entgegengesetzten Qualitäten versehenen Ungleichartigen mehr oder minder verhindert) nur mit Hülfe der chemischen Zerlegung oder Zersetzung bewirkt werden kann. Diese Zersetzung oder chemische Theilung (Analysis) wird entweder (bei einigen wenigen Leiblichen)

durch bloſse Scheidung des Flüssigeren von dem Feuerbeständigeren (Fixeren) mittelst erhöheter Temperatur bewirkt, oder dadurch, daſs eine Materie von bekannter Qualität, vermöge stärkerer Anziehung zu einem oder zu mehreren Ungleichartigen eines gegebenen zusammengesetzten Gleichartigen, und vermöge der daraus folgenden Verbindung mit jenen Ungleichartigen, d. i. nach vorhergegangener Einung (Synthesis) den einen der ungleichartigen Bestandtheile abscheidet. Dasselbe Verfahren mit neuen Quantitäten des zusammengesetzten Körpers und mit andern Materien von bekannter Qualität (deren Wahl sich aus dem ersten Erfolge und den begleitenden Umständen ergiebt) wiederholt, führt endlich zur Ausscheidung aller Bestandtheile des zu zerlegenden Gleichartigen. Lassen sich diese Bestandtheile oder E d u c t e künstlich wieder zu einem P r o d u c t e vereinen, das dem zuvor zerlegten Ganzen gleich kommt, so ist diese Synthese die sicherste Probe für die Richtigkeit des angewandten Verfahrens.

Bemerk. 1) Nur selten und zwar meistentheils nur bei künstlichen Zusammensetzungen ist es möglich, eine solche Bestätigung der Analyse folgen zu lassen; bei natürlichen Körpern hingegen wird sie entweder sehr erschwert oder oft gar unmöglich, weil der Experimentator theils die Umstände die bei der natürlichen Bildung und Mischung des Körpers Statt fanden, nicht in seiner Gewalt hat; theils weil oftmals die Ausscheidung der Bestandtheile mit Destructionen verknüpft ist, welche die Educte anders gebildet hervorgehen lassen, wie sie in dem Körper vor der Analyse gegeben waren; theils auch weil in dem Körper noch gar keine chemisch-verschiedenen Materien als Bestandtheile existirten, sondern erst durch die Analyse, den nicht wieder abzustreiffenden chemischen Werth erhielten. Diese letzteren Fälle treten insbesondere bei organischen Körpern ein, wo höhere (auf ein Ganzes sich beziehende) Anziehungsgesetze statt der chemichen gegeben sind, und die durch chemische Anziehung bewirkte Zersetzung, offenbar erst chemisch-quantitative Gegensätze in den ausgeschiedenen Theilen erzeugt. Auch gründet sich das oben angeführte Verfahren der chemischen Analyse auf specifische (andere ausschliessende) Anziehungen der einzelnen Materien, die als solche nach Berthollet's neueren Unter-

suchungen (vergl. S. 46. unten u. s. f.) nicht zu erweisen sind. Ueber den ganzen Gegenstand vergl. man S. 81 u. s. f. u. S. 152 u. s. f. in der Note von KASTNER's Grundr. d. Chem. I. Th.

2) Ausser der Zersetzung durch Temperaturveränderung, und durch die anziehende Gewalt eines mit dem zu zersetzenden Gemische in Berührung zu bringenden dritten Ungleichartigen, kann dieselbe auch statt finden durch gegenseitige Abstofsung zweyer oder mehrerer zuvor vereinter Materien, z. B. wenn sie sämmtlich in hinreichendem Maafse mit derselben Elektricität beladen werden. Z. E. Zersetzung der weifsen Salpetersäure in Sauerstoffgas und orange rauchende Säure, durch gleichnamige Elektrisirung, welche mittelst Einwirkung des Sonnenlichts bewirkt worden ist; vergl. die Einleitung zu meinem System der Chemie. Halle 1819. 4. u. weiter unten Cap. V. u. VI.

3) Statt des Ausdrucks einzelne oder besondere Materie, bedient man sich kürzer und richtiger des Wortes Stoff, wiewohl dasselbe einige Physiker mit dem allgemeineren Ausdrucke Materie gleichbedeutend nehmen.

4) Gestatten die ausgeschiedenen Bestandtheile noch eine fernere Zersetzung, so unterscheidet man die durch ihre Zersetzung enthaltenen Educte, von ihnen durch die Ausdrücke nähere und entferntere Bestandtheile; und wenn die letzteren nach dem gegenwärtigen Standpunkte der chemischen Analyse keine weitere Zerlegung zulassen, so nennt man sie Grundstoffe, oder chemische Elemente, wodurch indefs keineswegs die Unmöglichkeit einer ferneren Analyse angedeutet werden soll. Vergl. a. a. O. S. 110 u. s. f. Inwiefern diese chemischen Elemente als fixirte Zustände der Materie (vergl. §. 16. N. 1.) anzusehen sind; vergl. m. Einleitung in die neuere Chemie. §. 25 u. ff.

5) Die näheren Bestandtheile organischer Körper, deren chemische Bestimmbarkeit häufig erst durch die Zersetzung herbeigeführt wurde, und die daher streng genommen nicht in dem Zustande wie die chemische Analyse sie darbietet, in den organischen Körpern (wozu sie vor der Zerlegung gehörten) existirend angenommen werden können (vergl. Bemerk. 1. dieses §.) werden gewöhnlich auch durch den generellen Ausdruck Stoff bezeichnet, den man ihrem eigenthümlichen Namen anhängt. Z. B. Pflanzenstoffe, thierische Stoffe, Eyweifsstoff, Extractivstoff u. s. w. Sofern man indefs durch das Wort Stoff zugleich die anorganische Einfachheit bezeichnen will, ist es zweckmässiger dieses Anhängewort ganz wegzulassen, und nur von Eyweis

u. s. w. zu sprechen, und diese Art von Bestandtheilen selbst — Bildungstheile zu nennen, m. Einleitung a. a. O.

6) Jeder chemischen Zersetzung geht gewöhnlich eine vorläufige Prüfung mit Reagentien (d. h. den verborgenen Gehalt durch chemische Gegenwirkung kenntlich machende Mittel) voran, um den einzuschlagenden Weg und die Wahl der zersetzenden Mittel bestimmen zu können. Man bezeichnet nemlich mit jenem Ausdrucke diejenigen Gemische und Stoffe, welche zu gewissen (einem ihrer Mischungstheile oder ihnen selbst heterogenen) Gemischen oder Stoffen sehr starke Anziehung besitzen, und dieses durch mehr oder weniger schnell eintretende, sehr in die Augen fallende und überhaupt die Sinnen afficirende Veränderungen verrathen. Z. B. Es werde in eine unbekannte Flüssigkeit in Wasser gelöstes blausaures Kali getröpfelt; enthält die Flüssigkeit Eisen, so wird entweder sogleich oder doch nach einiger Zeit, eine allmählig dunkeler werdende, blaue, pulverige, fein zertheilte Substanz (sogenanntes blausaures Eisen) die Flüssigkeit trüben, und dadurch den Eisengehalt jener unbekannt gewesenen Flüssigkeit verrathen. Vergl. S. 125 des erwähnten Grundriss d. Chemie.

§. 29.

Ausser den angeführten Arten der chemischen Zersezzung giebt es noch einige, die theils mit ihnen mehr oder weniger übereinstimmen und zu ähnlichen Ergebnifsen führen, theils sich vortheilhaft davon unterscheiden, und wenn auch nicht allgemein angewendet, sich doch vorzugsweise durch die Reinheit der Educte, welche sie liefern empfehlen. Hieher gehören zuvörderst und den beiden angegebenen Methoden am nächsten verwandt, die Vereinigung beider Verfahren zu einem dritten gemischten (nur in einigen Fällen brauchbar); ferner die Verbindung der Zersetzung durch chemische Anziehung heterogener Materien mit der Abscheidung des Festen (z. B. Krystallisirbaren). Von diesen gemischten nicht selbstständigen Methoden verschieden und ganz die oben berührten Vortheile gewährend, ist das auf die Entdeckungen der neueren Zeit sich stützende Verfahren: die Anziehung der Stoffe durch eine stärkere Anziehung, welche ursprünglich allen Gegensatz zu begründen scheint, auf-

zuheben. Diese stärkere Anziehung ist die in der Folge zu erläuternde electrische, welche gehörig angebracht, die in einem Gleichartigen vorhandenen verschiedenen Ungleichartigen, mit der ihnen eigenen chemischen Wirksamkeit in gesonderten Raumbegränzungen (z. B. in der Nähe der beiden gegenüber stehenden Pole einer galvanischen Säule) hervortreten läfst d.h. die durch gänzliches Aufheben des chemischen Gleichgewichts eines Gemisches, das Zerfallen desselben in seine Mischungstheile bewirkt; §. 28. Bem. 2.

Bemerk. 1) Man vergl. meine Einleitung u. s. w. 1. Abschnitt. Es gestattet dieses Verfahren indefs bis jetzt nur bei anorganischen wässrig-flüssigen Gemischen die gehörige Anwendbarkeit; organische Körper werden dadurch zu Entwickelungen chemischer Wirkungswerthe gebracht, die ohne Electricität nie hervorgegangen sein würden, und die daher zum Theil als Erzeugnisse des Verfahrens anzusehen sind.

2) Die Zersetzung organischer Körper gründet sich übrigens mehr auf Anziehung des Aehnlichen, als auf Mischung des Ungleichartigen, kommt, als durch den in der Folge zu erläuternden Lösungsprocefs eingeleitet, einer mecahnischen Auseinandersetzung oder Theilung nahe und ist daher als eine fortgesetzte Anatomie der organischen Leiber zu betrachten, die durch diese Art von Zergliederung — als zusammengesetzte Gebilde in ihre einfacheren Bildungstheile zerlegt werden.

§. 30.

Von der chemischen Zersetzung in Bestandtheile verschieden, ist die mechanische Zerlegung in Theilganze, die vor der Theilung nur der Möglichkeit nach da waren, durch die Theilung selbst erst wurden, und sich von dem zuvor noch ungetheilten Leiblichen, nach geschehener Sonderung nur durch den veränderten Umfang unterscheiden. So gut man sich einen mathematischen Körper so getheilt vorstellen kann, dafs jeder letzterhaltene Theil, noch wieder in kleinere zerlegbar ist, (man vergl. damit Langsdorff's Raumatome §. 23. N. 1.) so läfst sich auch der physische Raum und was ihn erfüllt als ins Unendliche zertrennbar denken; eine

Trennung die wirklich ausgeführt: Vernichtung der Materie zu Folge haben müſste. Die wirkliche Theilung führt hingegen nur auf Theilganze, ohne weder bei letzten Theilen (Atomen) noch bei der Vernichtung der Materie anzugelangen; die Theilungskräfte die uns zu Gebote stehen sind endlich, und die durch sie bewirkte Theilung ist es schon darum ebenfalls. Vergl. §. 22.

Bemerk. 1) Beispiele weitgehender Theilung der Leiblichen, gewähren das Mahlen, Zerreiben, Verdampfen, das Flüssigwerden (durch Schmelzung, Lösung und Auflösung), u. s. w. Hieher gehören als Beweise ausserordentlicher Theilung die Vergoldung, die Farbenbrühen, der Moschus, die ätherischen Oele, die Infussionsthiere, das Gespinnst des Seidenwurms, die Spinngewebe u. s. w. Nach Reaumur's mikroskopischen Versuchen ist der Faden einer Spinne aus 6000 Fäden zusammengesetzt; der 1 Gran wiegende Faden eines Seidenwurms hat 180 Ellen Länge. 1 Gran Gold wird zu 36 Quadratzoll Blattgold ausgeschlagen, und bietet also ausgedehnt, wenn man auf 1 Quadratzoll nur 200 sichtbare Theile annimmt, 1440000 sichtbare Theile dar. Eine 22 Zoll lange und 15 Linien dicke mit einer Unze Gold überzogene und dann durch immer engere Löcher der Drathzüge gezogene Silberstange, erhält, bis zur Dünne eines feinen Zwirnfadens ausgezogen, eine Länge von 110 französ. Meilen (jede zu 2000 Toisen von 6 paris. Fuſs gerechnet), mithin, in Linien ausgedrückt, eine Länge von 110 . 2000 . 6 . 12 . 12 . = 190080000 Linien, und rechnet man, daſs jede Linie 12 sichtbare Theile, und wenn der Faden platt gedrückt ist, deren 24 darbietet, so sieht man also die Unze Gold in 190080000 . 24 = 4561920000 sichtbare Theile ausgedehnt.

2) Da die Theile eines Leiblichen nur der Möglichkeit nach in ihm vorhanden sind, ist es auch falsch zu sagen: das Leibliche besteht aus Theilen. Wohl aber sind die Körper (z. B. die Krystalle) oft sichtbar aus mehr oder weniger für sich begränzten Theilen zusammengesetzt, die man Anhäufungs - Anlagerungs - oder Aggregativ - Theile nennt. Was eine solche Anlagerung begründet, ist die auf jeder Daseinsstufe sich eigenthümlich ausdrückende, von den Weltkörpern ausgehende, und mithin für die einzelnen Erdtheile von der Erde fortdauernd (durch das vereinte Wirken ihrer Kräfte, vornehmlich der Schwere, des Magnetismus und der Wärme) bedingte Bestimmung: ein Ganzes darzustellen, welches z. B. im Krystall nach den ein-

fachsten Gesetzen wach wird, und in den Organismen nach verwickelteren, durch das denselben inwohnende geistige Princip auf bestimmte Zwecke gerichteten Gesetzen zur vollkommeneren Entwickelung gelangt (Vergl. §. 3.). Gerathen die Körper mit Thätigkeiten in Verhältnifs, deren Wirkung Zernichtung jener Bestimmung ist, so zerfallen sie von selbst; die Anorganismen in ihre Aggregativtheile, die Organismen selten in ihre Bildungstheile, sondern gewöhnlich in ihre Zerstörungstheile. Bei Krystallen und überhaupt bei anorganisch festen Körpern, nennt man dieses Aufheben der Verbindung der Aggregativtheile (gewöhnlich von qualitativen Veränderungen begleitet) die Verwitterung, bei anorganischen Körpern hingegen die (mit mehr oder minder vollendeter Zerstörung des organischen Bestandes verknüpfte) Auflösung des Bestandes, die gewöhnlich mit Verwesung anhebt und Fäulnifs endet.

§. 31.

Die allgemeinste Bedingung unter welcher alle gegenseitige mechanische, chemische und organische Wechselwirkung Statt findet, ist die Berührung; vergl. §. 3. Nr. 1. S. 15. Sie ist entweder unmittelbar gegeben oder durch Zwischenglieder vermittelt, setzt aber in beiden Fällen voraus, sofern sie von bestimmten Erfolgen begleitet ist (die sich beim Mechanismus und Chenismus sämmtlich im Allgemeinen auf Anziehungen oder Abstossungen zurückführen lassen) dafs die gegenseitig Sich-Berührenden über ihre eigenen Grenzen hinaus thätig sind, und dafs sie die in ihnen nicht wirklichen, sondern nur möglichen Thätigkeiten wechselseitig aufzuregen vermögen; §. 3. Bem. 5.

§. 32.

Die Anziehung (Attractio) welche zwischen zwei oder mehreren Berührenden erfolgt, findet entweder zwischen Chemisch-Gleichartigen statt, und bezeichnet sich dann eintretend als gegenseitige Bestimmung zur Bildung eines Ganzen (Affinitas aggregatorum), und nach Beendigung der Darstellung des Ganzen, als die den Zusammenhalt seiner Aggregativ- oder Bildungstheile erzeu-

gende Gegenziehung dieser Theile, d. i. als die Cohärenz des gewordenen Ganzen. Hierher gehören die in der Folge näher zu untersuchenden Phänomene der Cohäsion und die Krystallisation; oder die Anziehung tritt ein zwischen mehr oder weniger ungleichartigen Materien ohne merkliche Qualitätsänderung, wohin die Erscheinungen der Flächenanziehung oder Adhäsion, so wie zum Theil auch jene der Lösung (Solutio) zu zählen sind; oder sie ist gegeben zwischen ungleichartigen Materien mit merklicher Qualitätsänderung, und umfaſst dann die eigentlich chemischen Anziehungserscheinungen, die zusammen unter dem Ausdrucke der chemischen oder mischenden Verwandtschaft (Affinitas chemica mixtionis) begriffen und rücksichtlich ihres Erfolgs durch Einungs-Wechselwirkung bezeichnet werden; oder sie zeigt sich endlich wirksam zwischen einem bereits bestehenden Ganzen und anderen, demselben mehr oder minder fremdartigen Materien, so daſs ersteres die letzteren in sich aufnimmt, sie in seine Masse umwandelnd, und dadurch sein Bestehen (für eine gewisse Zeit) sichernd. Diese letztere Anziehung ist nur bei organischen Wesen gegeben, und bezeichnet das Wesentliche der Assimilation oder der Einverleibung. Uebrigens steht die Stärke der Anziehungswirkungen in der Regel im geraden Verhältniſs der Massen und der Menge der gegenseitigen Berührungspunkte, und im umgekehrten der chemischen Zusammengesetztheit der Sich-Berührenden.

Bemerk. 1) Was Chemisch gleichartig ist, ist sich darum noch nicht in jeder anderen Beziehung gleich, und namentlich ist das Bedingende derjenigen Anziehung, welche das Werden von Körpern (Gestaltungsganzen) zur Folge hat, eine Ungleichartigkeit der denkbaren Theilchen, die dort zu wirken anhebt, wo die chemische Ungleichartigkeit zu wirken und zu sein aufhört. Als Beispiel solcher Ungleichartigkeiten, die in einem Chemisch-Gleichartigen fortbestehen und fortwirken, mögen die beiden Pole eines Magnets dienen.

2) Man kann daher im Allgemeinen annehmen, dafs alle Anziehung Erzeugnifs vorhandener Ungleichartigkeit ist.

3) Die Lösung ist von der Auflösung (Dissolutio) dadurch verschieden, dafs sie nur diejenigen Phänomene in sich begreift, wo entweder feste mit flüssigen, oder tropfbare mit Ausdehnsamflüssigen Materien sich so verbinden, dafs das Ganze nach der Verbindung flüssig erscheint, ohne auffallende Aenderung der chemischen Beschaffenheiten erlitten zu haben; die Auflösung hingegen wirkliche chemische Mischung (neben der Lösung), d. i. Herstellung des chemischen Gleichgewichts oder die Ausgleichung des qualitativ Entgegengesetzten mittelst Durchdringung voraussetzt.

§. 33.

Die Erscheinungen der Abstossung zwischen zwei oder mehreren einzelnen Materien, sind theils Erfolge verminderter oder besonders veränderter Anziehungen, z. B. die in der Folge zu untersuchenden electrischen Abstossungen theils abstofsender oder auseinander treibender Gewalten, die in einzelnen Materien von innen heraus wirken. Wir bezeichnen die zu letzteren gehörenden Phänomene durch den Ausdruck Ausdehnsamkeit, die entweder nur bei äusserem Zusammendrucke gegeben ist (und sich dann als Streben zur Wiederausdehnung zeigt) oder auch ohne denselben in steter Entwickelung begriffen (z. B. bei den Dämpfen und Luftarten) vorkommt.

§. 34.

Sofern die Wirksamkeit einer Kraft nur durch die von ihr hervorgebrachte Veränderung dargestellt werden kann, ist auch die Thätigkeit und Wirksamkeit der Naturkräfte nur insofern denkbar, als sie Veränderungen im Raume, oder Aenderungen des Verhältnisses eines Körpers zu einem gegebenen Raume, d. i. Bewegungen (Motus) erzeugt. Nur dort wird die Natur als Thätige erkannt, wo sie Bewegungen hervorbringt; denn wenn Veränderung eines Dinges nur durch Bewegung, Thätigkeit aber nur durch Veränderung vorstellbar ist, so folgt

auch, dafs Thätigkeit nur durch Bewegung gedacht werden kann. **Bewegung** ist **stetige** Veränderung eines **Orts**, **Ruhe** andauerndes Verbleiben an einem Orte.

Bemerk. 1) Den bestimmten Raum den ein Körper einnimmt, nennen wir seinen Ort, der blofs für sich, und nur insofern als er diesem Körper nothwendig zukommen mufs, gedacht, zu dem Begriffe des absoluten Ortes führt. Jede Ortsveränderung (Bewegung) kann aber nur vorgestellt werden, indem man den Ort des Körpers vor der Veränderung, mit dem neu zu erlangenden Orte in Beziehung setzt, und beide Orte unterscheidet; es kann also bei Bewegungen eines Körpers nur von seinem relativen Orte die Rede seyn, ja es ist überhaupt auch ohne die Bewegung zu Hülfe zu nehmen der Fall, indem keine deutlichen Vorstellungen über den Ort eines Körpers erhalten werden können, ohne zugleich auf einen anderen Ort Rücksicht zu nehmen, oder ohne seine Lage zu bestimmen.

2) Beharrt ein Körper in seinem Orte, so gestehen wir ihm das die Bewegung verneinende, die Ruhe (Quies) zu. Auch über diese können wir uns nur durch Vergleichung mit einem anderen Orte, in den der Körper nicht übergeht, deutliche Vorstellungen machen, mithin ist auch die Ruhe nur relativ. Absolute Ruhe würde gleich absoluter Vernichtung des Körpers sein, denn jeder Körper besteht vermöge gewisser mehr oder minder bleibend gewordener Thätigkeiten (dieselben welche zu seinem Entstehen erforderlich waren), welche weggedacht oder aufgehoben zur absoluten Ruhe, d. i. zur Vernichtung desselben führen würden.

3) Jeder Körper der seine Lage gegen andere Körper ändert, scheint in Bewegung zu sein; er ist es aber nur insofern wirklich (Motus verus), als wie er sein Verhältnifs zu einem gegebenen Raume, seine Stelle ändert, welches bei Veränderung der Lage nicht immer Statt findet, und in diesem Falle (wo die Umgebungen des Körpers ihre Stelle und mithin ihre Lage gegen ihn ändern) nennen wir die Bewegung des Körpers eine scheinbare (Motus apparens); so wie wir auch bei der Ruhe, scheinbare und wirkliche Ruhe unterscheiden.

4) Jeder bewegte Körper kann sich entweder in dem Raume worin er sich bewegt, nur für sich selbst (Motus proprius) oder gemeinschaftlich (Motus communis) mit andern Körpern bewegen. Sehr häufig sind beide Bewegungen zugleich gegeben. Auch läfst sich denken, dafs ein Körper in einem gegebenen Raume sich so bewege; dafs alle seine möglichen Theile um

eine in ihm denkbare gerade Linie (Axe) getrieben werden, und diese Art der Bewegung nennt man die wälzende (Motus rotatorius); rücken hingegen bei einem Körper nicht blofs dessen denkbare Theile, sondern er selbst nach irgend einer Gegend hin fort, so nennen wir diese Bewegung fortschreitend (Motus progressivus). Beide Bewegungen sind bei ein und demselben Körper zugleich möglich, und wie die Erfahrung lehrt oft wirklich.

5) Der Grund der bestimmten Bewegung eines Körpers ist theils in seiner Beweglichkeit (Fähigkeit Bewegung zu empfangen, oder die Ruhe durch veränderte Beziehung nach Aussen mehr oder weniger aufzugeben, welches beides mit der §. 3. N. 4. S. 20 gedachten Fähigkeit: über die Gränzen hinaus thätig zu seyn, und von Aussen kommende Thätigkeit innerlich fortzusetzen zusammenfällt — Mobilitas) theils in den Bewegungskräften (Vires motrices) theils in den Lenkungskräften (Vires directrices) zu suchen. J. Joseph Theoria motus in conflictu corporum. Heidelberg 1773. 8. — Da Masse und Kraft in den nur gegenthätigen Materien als unerveränderliche Gröfsen betrachtet werden müssen, so ist alle Veränderung derselben nur Ortsveränderung, d. i. Bewegung; und diese ist als gleichförmige geradlinige (weiter unten Bemerk. 11) für den Körper nur möglich, (denn man kann sie eben so richtig dem Raume als dem Körper, ersterem in entgegengesetzter Richtung, beilegen), jede veränderte und zusammengesetzte Bewegung (weiter unten Bemerk. 11) hingegen kommt dem Körper wirklich zu; Fries a. a. O. 29.

6) So wie wir Form von Materie unterscheiden und uns jede für sich denken können, so läfst sich auch ein Unterschied zwischen Bewegung und Lenkung (Begründung bestimmter Richtung des Bewegten) festsetzen, ohnerachtet beide in der Erscheinung (wie Form und Materie) stets zusammen fallen, und daher auch in der Mechanik nicht unterschieden und nicht auf verschiedene Kräfte zurückgeführt werden.

7) Aus dem Grunde dafs Thätigkeit nur durch Bewegung gedacht werden kann, erklärt es sich, weshalb die Mechanik diejenige Wissenschaft ist, welche zuerst allgemeine Gesetze, die auf alle nur denkbaren Kräfte in der Natur anwendbar sind, aufstellte. Hieher gehört z. B. das Neutonsche Gesetz: actioni contraria semper et aequalis est reactio Wirkung und Gegenwirkung sind einander immer gleich; — wovon wir bereits bei Bestimmung der Grundkräfte (§. 20. u. s. f.) Gebrauch gemacht und dessen wir auch §. 11. Bemerk. 4. gedacht haben.

8) Jede Bewegung ist stetig (continua) d. h. ein bewegter Körper kann nicht von einem Orte zum anderen gelangen, ohne alle zwischen beiden Orten in der Richtung des bewegten Körpers liegende Raumtheilchen zu durchlaufen. Nicht bloſs bei der sogenannten fortschreitenden, sondern auch bei der wälzenden Bewegung ist dieses allgemeine Gesetz der Stetigkeit gültig; denn jedes denkbare Theilchen des wälzenden Körpers durchläuft eine ununterbrochene Reihe von Raumtheilchen oder Orten, oder beschreibt eine Bahn (Weg, Via, Orbita oder Raum). Sind die Theile der Bahn, welche ein bewegter Körper durchläuft, einander durchaus gleich (gleichlang, gleich gerade, gleich gekrümmt u. s. f.), so nennt man die Bewegung gleichförmig (uniformis), im entgegengesetzten Falle ungleichförmig (variatus). Jede fortschreitende aber in sich selbst zurückkehrende Bewegung, ist entweder circulirend (circulans) oder oscillirend (Schwingungsbewegung, oscillatorius).

9) Verbinden wir die Vorstellung einer (von einem bewegten Körper durchlaufenen) Bahn, mit der dabei aufgewendeten Zeit (oder vielmehr mit denen während der Bewegung verstrichenen Zeiteinheiten, vergl. §. 21. N. 7.), so erhalten wir den Begriff der Geschwindigkeit (Celeritas, Velocitas). Die Geschwindigkeit eines bewegten Körpers bloſs für sich betrachtet, führt zu dem Begriffe der absoluten Geschwindigkeit; die als Idee erhalten wird, wenn wir die «Bahn» unendlich groſs und die «Zeit» unendlich klein setzen, d. h. die Bahn annehmen als sei sie durch keinen Zusatz vergröſserungsfähig oder unvergröſserlich (oder keines Zusatzes fähig) und die Zeit, als sei sie durch keinen Abzug verkleinerungsfähig oder keines Abzugs fähig; bestimmen wir hingegen die Geschwindigkeit mit Rücksicht auf andere Geschwindigkeiten, so ist die bestimmte eine relative Geschwindigkeit. Die Ausdrücke: eine Geschwindigkeit von z. B. 60 Fuſs (z. E. eines heftig geworfenen Steines) beziehen sich auf die Zeiteinheit und zwar auf 1 Secunde, welche während dem von dem Körper statt gehabten Durchlaufen seiner Bahn verbraucht wurde. Die relativen Geschwindigkeiten verhalten sich bei gleichmäſsiger Bewegung (M. aequalis), d. i. wenn der Körper in gleichen Zeiten gleiche Räume (ungleichmäſsige, M. inaequalis, wenn er ungleiche Räume) durchläuft, bei gleichen Zeiten wie die Räume: bezeichnen wir die Zeiten mit T und t, die Räume mit S und s, und die Geschwindigkeiten durch C und c, und setzen wir, daſs $T = t$ sei, so wird $C : c = S : s$ sein, bei gleichen Räu-

men umgekehrt wie die Zeiten: $S = s$; so wird $C : c = t : T = \frac{1}{T} : \frac{1}{t}$ sein, bei ungleichen Zeiten und ungleichen Räumen wie die Quotienten der Räume durch die Zeiten; es ist $C : c = \frac{S}{T} : \frac{s}{t}$. Ferner ergiebt sich hieraus, dafs sich die durchlaufenen Räume verhalten, wie die Geschwindigkeiten multiplicirt mit den Zeiten; $S = CT$, und daher auch $S : s = CT : ct$; und ferner $T : t = \frac{S}{C} : \frac{s}{c}$. Werden die Geschwindigkeiten nicht weiter bestimmt, so versteht man in der Mechanik gewöhnlich die in Fufsmaafs ausgedrückte Bahn, welche ein Körper innerhalb einer Secunde durchläuft. Z. B. Eine Kanonenkugel lege mit gröfster Geschwindigkeit eine Bahn von 1800 Fufs zurück, binnen der ersten Secunde, so ist ihre Geschwindigkeit = 1800 Fufs. Die Ausdrücke geschwind und langsam, werden in Beziehung auf bekannte zu vergleichende Geschwindigkeiten gewählt, und bei verschiedenen Körpern eben so verschieden bestimmt. Z. B. In Beziehung auf die Geschwindigkeit solcher Körper die auf der Erde fortbewegt werden, sagen wir von einer abgeschossenen Kanonenkugel, dafs sie sich geschwind bewege, während wir in Beziehung auf die Bewegung des Lichtes mit gleichem Rechte ihr eine langsame Bewegung zugestehen könnten. Denn das Licht braucht um von der Sonne zur Erde zu gelangen ohngefähr 8 Minuten 13, 2 Sec. die Kanonenkugel wenn sie mit einer Geschwindigkeit von 600 Fufs in 1 Secunde von der Erde fortgienge, würde 25 Jahre, (vom Merkur bis zur Sonne 9½ Jahr, vom Uranus 479 Jahre) erfordern, um zur Sonne zu gelangen. — Das Licht pflanzt sich von allen von uns schaubaren Weltkörpern mit derselben Geschwindigkeit fort, nämlich mit einer 10313mal gröfseren als die mittlere der Erde in ihrer Bahn. — Die Geschwindigkeit eines Bewegten, wird dem Obigen zufolge gefunden, wenn man den Zahlenausdruck der durchlaufenen Bahn, durch den Zahlenausdruck der hiezu verbrauchten Zeit dividirt; z. B. der Schall verbreitete sich bei 0° R. in der Atmosphäre durch einen Raum von 5135 paris. Fufs binnen 5 Secunden, so ist die Schallgeschwindigkeit $= \frac{5135}{5} = 1027$ paris. Fufs. — Man bezeichnet die oben erleuterte Geschwindigkeit auch durch den Ausdruck lineare Geschwindigkeit, um sie von der Winkelgeschwindigkeit zu unterscheiden, welche bei einem in einer Kreislinie bewegten Körper durch die Gröfse des Bogens bestimmt wird, den der Körper binnen bestimmter Zeit (in einer Secunde)

durchläuft. Die Winkelgeschwindigkeiten werden bei verschiedenen Kreisen gleich sein, wenn die Bogen der Bahnen gleichviele Grade haben; aber nicht die linearen Geschwindigkeiten.

10) Die Bewegung hört auf gleichmäfsig zu sein, wenn sie durch eine andere Kraft vermehrt oder vermindert wird, und ist dann entweder eine beschleunigte (acceleratus) oder verzögerte (retardatus) Bewegung, welches beides wieder auf regelmäfsige oder unregelmäfsige Art geschehen kann.

11) Ist es nur eine Kraft, welche einen Körper in Bewegung setzt, so nennen wir diese Bewegung einfach (simplex); sind mehrere Kräfte dazu nöthig, so heifst sie zusammengesetzt (compositus). Die Richtung eines bewegten Körpers hängt von der Richtung derjenigen Kräfte ab, die ihn in Bewegung setzten, und in dieser Rücksicht ist eine Bewegung entweder geradelinig (rectilineus) oder krummlinig (curvilineus) vergl. §. 21. N. 6. Die letztere kehrt entweder in sich selbst zurück, oder der bewegte Körper entfernt sich immer weiter (wie dieses bei der geradlinigten, wenn sie nicht gehemmt wird, unbedingt der Fall ist) von dem Ausgangspunkte; der ersteren zufolge, wird der Körper bewegt entweder in einer geraden Linie und in einer Richtung, oder in einer geraden Linie, aber nach entgegengesetzter Richtung, oder endlich in verschiedenen geraden Linien, die miteinander einen Winkel machen. Im ersten Falle wird die zusammengesetzte Bewegung die Summe der gegebenen Geschwindigkeiten enthalten; im zweiten Falle wird die neue Bewegung die Differenz der Geschwindigkeiten haben, und wenn beide Geschwindigkeiten einander gleich sind, so wird relative Ruhe entstehen, und Stofskräfte die auf diese Weise einander Widerstand entgegensetzen, werden statt der Bewegung nur Gegendruck erzeugen und einander das Gleichgewicht halten (siehe weiter unten Bemerk. 14); im dritten Falle endlich wird nach Richtung und Geschwindigkeit die neue Bewegung durch die Richtung des Parallelogramms bestimmt, dessen Seiten die unter den gegebenen Winkeln verbundenen Wege sind, welche für eine beliebige Zeit den beiden gegebenen Geschwindigkeiten gehören (s. weiter unten §. 30 u. 41. Bemerk. 2) Fries a. a. O.

12) Gröfse der Bewegung (Quantitas motus) ist eigentlich die Bewegung selbst, in wieweit sie einer Vermehrung oder Verminderung fähig ist, oder in wieweit wir sie durch Vergleichung mit einer anderen bekannten Bewegung zu bestimmen vermögen. Gewöhnlich versteht man aber unter Bewegungsgröfse

die Kraft eines bewegten Körpers, welche dem Eindrucke gleich gerechnet werden kann, den der bewegte Körper auf einen anderen ruhenden, ihm in gerader Richtung aufstossenden Körper, machen würde, und setzt also Gröfse der Wirkung (magnitudo effectus) dem Ausdrucke: Moment oder Gröfse der Bewegung gleich. Die Bewegungsgröfse ist theils von der bewegten Masse des Körpers, theils von der Geschwindigkeit desselben abhängig. Bei gleichen Massen steht die Bewegungsgröfse im geraden Verhältnisse der Geschwindigkeiten; bei gleichen Geschwindigkeiten im Verhältnisse der Massen. Bezeichnen wir die Massen zweier bewegten Körper mit M, m; ihre Geschwindigkeiten mit C, c, und ihre Bewegungsgröfsen mit Q, q und ist M = m, so wird Q : q = C : c sein, und ist C = c, Q : q = M : m. Hieraus ergiebt sich, dafs die Grössen zweier Bewegungen sich verhalten, wie die Producte der Massen in die Geschwindigkeiten. Mit den beiden in der vorigen Formel gedachten Körpern, werde noch ein dritter verglichen, dessen Bewegungsgröfse wir mit b bezeichnen:

$$Q : q = M : m$$
$$b : q = C : c$$
$$\overline{Q : q = MC : mc}$$

Zwei Körper von ungleicher Masse, bringen gleiche Wirkung hervor, wenn sich ihre Geschwindigkeiten umgekehrt wie ihre Massen verhalten.

13) Jede Bewegungskraft die auf einen Körper wirkt, vertheilt sich durch dessen ganze Masse gleichförmig. Je gröfser daher die Masse ist, um so kleiner wird die Wirkung der Kraft in jedem denkbaren Theile, mithin um so geringer die Geschwindigkeit des zu bewegenden Körpers sein. Kennt man die Verhältnisse der bewegenden Kräfte und der Massen zweier Körper, so lassen sich die relativen Geschwindigkeiten derselben durch eine leichte Rechnung bestimmen; sie verhalten sich nämlich bei gleichen Kräften wie die Massen, bei gleichen Massen wie die Kräfte, und bei ungleichen Massen und Kräften, wie die Kräfte dividirt durch die Massen.

14) Zwei Bewegungen heben sich auf, wenn sie sich entgegenwirken, und wenn ihre Producte der Massen in die Geschwindigkeiten einander gleich sind. Beide bewegte Körper kommen dadurch zur Ruhe, oder der ruhende Körper wird durch zwei Kräfte der Art nicht zur Bewegung gebracht, sondern in Ruhe oder Stillstand (Stasis) oder uneigentlicher: im Gleichgewicht er-

halten; daher führt das Product einer Masse in ihre Geschwindigkeit auch die Benennung statisches Moment. Aus dem Vorhergehenden folgt, daſs bei gleichen Massen und gleichen Geschwindigkeiten, oder auch bei ungleichen Massen und Gescwindigkeiten, wenn die Massen sich umgekehrt verhalten wie die Geschwindigkeiten, die statischen Momente zweier Bewegungen gleich sind. Newton drückte das obige Verhältniſs zweier Bewegungen allgemeiner aus durch: Pressiones aequales contrariae agentes sese mutuo destruunt; gleiche Druckkräfte, die einander entgegenwirken, heben einander auf.

§. 35.

Jede ruhende Materie bleibt in Ruhe, und jede bewegte behält ihre Bewegung bei, in derselben Richtung und mit derselben Geschwindigkeit, so lange sie nicht durch Kräfte von aussen genöthigt wird, diesen ihre Ruhe- oder Bewegungs-Zustand zu ändern. Es ist dieses das allem Körperlichen vorschwebende Gesetz der Trägheit (vis inertiae) oder besser der Beharrung (Perseverantia) dem zufolge ein bewegter Körper seine Bewegung beibehält, auch ohne daſs die Kraft, welche ihn in Bewegung versetzte, auf ihn einzuwirken fortfährt.

Bemerk. 1) Jenes Gesetz auch so ausgedrückt: jede Kraft ist für sich so lange thätig, bis sie eine andere in ihrer Thätigkeit hemmt, läſst sich sowohl aus dem Satze des zureichenden Grundes a priori, als wie durch alle Naturerscheinungen a posteriori nachweisen.

2) Sofern aber Trägheit eines Körpers dessen Unvermögen bezeichnet sich von selber zur Veränderung seines Zustandes zu bestimmen weder aus der Bewegung zur Ruhe, noch umgekehrt, noch von irgend einer Bewegung in eine andere, insofern ist sie keineswegs als positive Eigenschaft der Natur, und somit auch nicht als selbstständig sich entwickelnde Kraft anzusehen.

3) Der Trägheit zufolge muſs die Bewegung eines Körpers beschleunigt werden (vergl. N. 10. d. v. §.), wenn die Kraft die ihn zur Bewegung veranlaſste, auf ihn einzuwirken stetig fortfährt. Bewegt sich ein Körper auf diese Weise, so werden sich die Räume (Bahnen) der Bewegung verhalten wie die Quadrate der (während der Bewegung verstrichenen) Zeiten, denn es sind (wie wir weiter unten im

I. Cap. sehen werden) die zurückgelegten Räume die Hälften der in gleicher Zeit mit der Endgeschwindigkeit bei gleichförmiger Bewegung zurückgelegten Bahnen, und mithin umgekehrt die Zeiten (der sich so bewegenden Körper oder) der Bewegungen wie die Quadratwurzeln der Räume, denn es verhält sich dann die erzeugte Geschwindigkeit in jedem Zeitmoment, wie die Zeit seit dem Anfange der Einwirkung. — Wir werden in der Folge Gelegenheit haben die beschleunigte Bewegung in den Phänomenen des Fallens der Körper nachzuweisen, indem wir die beschleunigende Kraft bestimmen, welche die Phänomene des freien Falles erzeugt. Es verhalten sich aber gleichförmig beschleunigende Kräfte (P, p,) wie die Geschwindigkeiten (C, c,) die sie in gleichen Zeiten (T, t,) erzeugen, mithin stehen sie im geraden Verhältnisse dieser Geschwindigkeiten und im verkehrten der Zeiten ($P : p = \frac{C}{T} : \frac{c}{t}$ und da diese Geschwindigkeiten sich verhalten gerade wie die doppelt zurückgelegten Räume ($^2 = S, ^2 = s$) und verkehrt wie die Zeiten, so verhalten sich die beschleunigenden Kräfte auch wie die doppelten Räume dividirt durch die Quadrate der Zeiten ($P : p = \frac{2S}{T^2} : \frac{2s}{t^2}$. Beweisen läfst sich die gleichförmig beschleunigte Bewegung nur, indem man eine umfassende Erklärung der absoluten Kraft und eine genügende Entwickelung des Begriffs der Geschwindigkeit voranschickt; eine Forderung, welcher die in v. Busse's Betrachtung der Wassersäulenmaschine (1804. 8. S. 67 u. Cap. VI. §. 62.) gegebenen hieher gehörigen Bestimmungen entsprechen.

4) Im letztgedachten Falle ist die beschleunigte Bewegung (sofern die bewegende Kraft stetig einzuwirken fortfährt) eine gleichförmig oder gleichbeschleunigte (uniformiter acceleratus); es läfst sich aber auch denken, dafs die bewegende Kraft nicht in jedem Zeittheilchen gleiche Wirkung ausübe, und dann nennen wir die Bewegung eine ungleich beschleunigte (inaequaliter acceleratus); so wie wir auch ungleich- und gleichverzögerte oder verminderte Bewegung (uniformiter et inaequaliter ratardatus) unterscheiden können.

5) Ueber den Begriff der Trägheit vergl. auch §. 1. Bem. 3.

IV. ABSCHNITT.

NÄHERE UNTERSUCHUNG DER BEWEGUNG UND IHRER GESETZE.

§. 36.

Jede Bewegung ist (auch abgesehen von dem was ihre Gröfse bestimmt; §. 34. Bem. 12.) eine bedingte (relative), sowohl in Hinsicht ihrer Richtung, als auch rücksichtlich ihrer Zusammensetzung (oder zu Folge der sie erzeugenden Kräfte); unbedingte (absolute) — d. h. nach allen denkbaren, geradlinigen wie krummlinigen Richtungen zugleich erfolgende — Bewegung, ist für materielle Wesen undenkbar. Die Richtung einer Bewegung zeigt ihre Bahn, welche, wie bei der geradlinigen, entweder Anfang und Ende hat, oder, wie bei der kreisenden, der elliptischen u. s. w. und den meisten krummlinigen Bewegungen endlos ist. Letztere, sofern sie in der Natur als (vermöge der Trägheit; §. 1. Bem. 4.) beharrlich in sich selbst rückkehrende wahrgenommen werden, nennen wir organische Bewegungen. Diese sind, gleich allen krummlinigen Bewegungen, zusammengesetzt, und rücksichtlich der Kräfte, welche sie entstehen machten, entweder allgemein weltlichen (cosmischen) oder besonderen irdischen (individuellen) Ursprungs. Zu den ersteren gehören die durch beharrliche Gegenwirkung bestehenden anschaubaren, sich lediglich durch sich selbst wiedererzeugenden organischen Bewegungen

der Weltkörper; zu den letzteren, meistentheils nur erschliefsbaren, jene der lebenden Organismen, welche als innere Bewegungen zur Unterhaltung neben der Leben bedingenden Selbstthätigkeit, ebenfalls der beharrlichen Gegenwirkung (oder des Einwirkens äusserer Kräfte auf die bewegbare Substanz) bedürfen.

Bemerk. 1) Die Art wie sich die einzelnen Glieder der Erde für uns sinnlich wahrnehmbar bewegen, ist von derjenigen der Erde selbst sehr verschieden; sie gehen von einem Punkte aus, um bei einem anderen Punkte, als der ist wo sie ausgiengen, wieder aufzuhören; es sind mechanische Bewegungen. Den organischen Werth der Gesammtbewegungen des einzelnen Organismus erschliefsen wir aus ihrem Leben und ihrer Selbstständigkeit, ohne ihn in den einzelnen Bewegungsverhältnissen durch Anschauung zu erkennen.

2) Jeder Organismus, als ein stets thätiges, productives Wesen, kann nur mittelst seiner Bewegungen vorgestellt werden, mithin sind auch die Gesetze organischer Thätigkeit nur Bewegungsgesetze, und insofern scheint eine, (in neueren Zeiten theils auf anderen Wegen häufig versuchte) Construction des Organismus a priori (d. i. Vorbildung desselben in der Idee) möglich; in wie weit aber das als möglich erkannte wirklich sei, kann nur durch Beobachtungen und Versuche bestimmt werden.

3) In Rücksicht auf Organisation können wir auch innere und äussere Bewegung gestatten. Wenn z. B. der Sinnesnerve ohne merkbare äussere Veränderung zu einem ganz anderen Daseinsverhältnifs gelangt, als wie er zuvor besafs, so können wir dieses einer inneren Bewegung zuschreiben; jedoch ist dieser Unterschied immer mehr oder weniger bildlich, und man kann dann auch mit gleichem Rechte von der Bewegung des Geistes, z. B. vom Denken zum Wollen u. s. w., als von innerer Bewegung sprechen.

§. 37.

Jede krummlinige Bewegung ist von zwei Richtung ertheilenden Kräften, und von der ursprünglichen Beweglichkeit des zu Bewegenden abhängig. Eine der Richtung ertheilenden Kräfte treibt den beweglichen Punkt nach der Richtung irgend einer geraden Linie, während ihm die andere eine Lenkung giebt, welche einer auf jener

senkrecht gehenden Linie mehr oder weniger entspricht. Die Centralbewegung ist eine solche krummlinige Bewegung um einen Mittelpunkt (Centrum) herum, wobei man sich vorstellen kann, dafs der bewegte Körper durch zwei Kräfte gelenkt werde, wovon ihn die eine nach der Tangente der krummen Linie, die andere ununterbrochen nach dem Mittelpunkte treibt. Dieser Vorstellung gemäfs nennt man die eine der lenkenden Kräfte Tangential- oder Centrifugalkraft, die andere Centripetal- oder Normalkraft, und denkt sich jede derselben als stetig wirkende (Central-) Kraft.

Bemerk. 1) Um die unendliche Bewegung als im Raume vorhanden darzustellen, müssen wir die sie begründenden Kräfte (die Centralkräfte) als unendlich und die Trägheit als unaufhörlich aber im bestimmten Raume wirkend annehmen, mithin die Centrifugalkraft so stark wie die Centripetalkraft setzen, zugleich aber auch beide als ausser einander wirkend vorstellen, wenn sich beide nicht aufheben sollen. Die Art der krummen Linie, welche von einem durch Centralkräfte getriebenen Körper beschrieben wird, wird theils bestimmt durch den Winkel, unter welchem beide Bewegungskräfte zusammenwirken, theils durch den ursprünglichen Wirkungsgrad beider Kräfte, theils auch durch die bei verschiedenen Entfernungen des Körpers statthabende Zu- oder Abnahme der Centripetalkraft. Wie für diese verschiedenen Fälle die darnach möglichen verschiedenen Krümmungen zu berechnen sein, zeigt die höhere Mathematik. Bei einer Kreislinie ist die Richtung der Tangentialkraft auf die Richtung der Centripetalkraft stets senkrecht und die Tangentialkraft hat eine solche Gröfse, dafs sie sich durch den Sinus des beschriebenen Bogens ausdrücken läfst; ist sie gröfser als der Sinus, so wird die Bahn weiter, ist sie kleiner, so wird sie enger als die Kreisbahn. Ferner sind bei der Kreisbahn die von dem bewegten Körper in gleichen Zeiten beschriebenen Bogen gleich, weil es die vom Radius Vector (s. weiter unten, Bem. 2) beschriebenen Flächenräume sind, und diese als gleiche Ausschnitte desselben Kreises, auch gleiche Bogen haben. Bei der Ellipse hingegen ist die Bewegung ungleichförmig, weil die Bogen (bei, als gleich anzunehmenden Flächenräumen) ungleich sind. — Eine vollständige Theorie der unter der Benennung Ellipse zu den Kegelschnitten gehörenden Kurven, giebt die höhere Geometrie, indem sie zugleich die Entstehung derselben nachweifst. Ziehen wir nämlich von zwei festen

Punkten aus mehrere Paare von Linien nach anderen Punkten, so bilden sich Dreiecke, welche sämmtlich die gerade Linie zwischen jenen festen Punkten zur Grundlinie haben, und deren Schenkel unzählig verschiedene Lagen und Gröfsen haben können. Ziehen wir nun durch die Spitzen dieser Dreiecke eine gerade oder krumme Linie, so heifsen die beiden Schenkel die Vectoren der durch die Dreiecksspitze bestimmten Linien. Die Gestalt der Linie, welche durch die Spitze geht, wird bestimmt von den Gesetzen für die Gröfse der beiden Schenkel jedes Dreiecks. Eines dieser Gesetze lautet: die Summe der beiden Dreiecksschenkel oder Vectoren soll immer sich gleich bleiben, und dieses giebt die Ellipse; ein anderes: der Unterschied der beiden Schenkel soll immer derselbe bleiben, stellt die Hyperbel dar. — Befestigen wir an zwei Punkten Taf. 1 Fig. 1. F und f einer ebenen Fläche einen Faden, welcher jedoch länger als der Abstand von F f sein mufs, und daher nach einer der Seiten gespannt oder ausgezogen werden kann, legen hierauf ein sehr dünnes Stiftchen an den Faden, um ihn zu spannen, so dafs er z. B. in die Lage F e f gebracht wird, und bewegen nun das Stiftchen auf der ebenen Fläche dergestalt fort, dafs der Faden fortdauernd gespannt bleibt: so beschreibt das Stiftchen auf der Fläche eine Ellipse, deren Brennpunkte die Punkte F und f darstellen, deren grofse Axe die gerade Linie a b bezeichnet, und deren kleine Axe durch die Linie m n gegeben ist, die senkrecht durch den Mittelpunkt c von a b geht. Je zwei aus beiden Brennpunkten auf irgend einen Punkt der Umfangslinie (Peripherie) gezogene gerade Linien, sind zusammengenommen gleich der grofsen Axe; d. h. $Fe + fe = ab$. So auch $af = Fb$. F c nennt man die Excentricität der Ellipse. (Neumanns Lehrb. der Physik I. S. 62 und Karstens Lehrbegr. der gesammten Mathematik. IV. 120.) Was für Kurven entstehen würden, wenn statt der oben ausgesprochenen Gesetze für die Ellipse und Hyperbel andere der Art befolgt würden, ist nachzuweisen für die höhere Geometrie von Wichtigkeit. Director Vieth in Dessau entwickelt in Gilbert's Ann. LVIII. 188 u. ff. zwei hieher gehörige Fälle, denen zufolge durch zwei neue Gesetze der Vectoren zwei Kurven auf ähnliche Art, wie die Ellipse und Hyperbel entstehen; nämlich 1) das Produkt der beiden Vectoren, als Factoren, soll gleich bleiben und 2) der Quotient, oder das Verhältnifs derselben soll constant sein. Hinsichtlich der Lösung dieser beiden Aufgaben, verweisen wir auf die erwähnte Abh. selbst. — Denken wir uns einen Kegel nach

allen möglichen Richtungen durchschnitten, so stellen die Umrisse der Durchschnittsflächen jene verschiedenen Linien dar, welche man Kegelschnitte nennt, und von denen die Ellipse für den Naturforscher die bedeutungsvollste ist, sowohl hinsichtlich der Bahnen der Weltkörper, wie auch in Beziehung der Entwickelungsgeschichte lebender Organismen und deren Uebergangsverhältnisse. Man kann sich also die Entstehung aller Kegelschnitte auch dadurch denken, daſs man eine Fläche um einen fixen Punkt an der Seite eines Kegels nach allen der Umfangslinie zugewandten Richtungen sich bewegen, und in jeder Richtung den Kegel durchschneiden läſst. Hieraus erhellt, daſs, da die Bahn der bewegenden Fläche, und mithin alle Punkte, durch welche die verschiedenen Lagen der Kegelschnitte bestimmt werden, stetig mit einander vereinigt sind, auch die Kegelschnitte selbst (sofern sie bloſs von der Lage der Durchschnittsflächen, mithin von der Lage der Punkte in der Umfangslinie bestimmt werden) allmählig und in einer stetigen Reihe, mithin nach einer gewissen Regel in einander übergehen. Die Verschiedenheit aller möglichen Kegelschnitte beruht demnach nur auf der Verschiedenheit des Verhältnisses zwischen der Figur und einer beständigen Linie, dem Parameter, oder, wenn die beständige Linie schon festgesetzt ist, nur auf der verschiedenen Gröſse der groſsen Axe. Die Ellipse und die Hyperbel gehen durch die Parabel d. h. durch unendliche Axen in einander, und jeder Kegelschnitt geht in die gerade Linie über, wenn die Brennweite oder der Parameter $= 0$, oder wenn derselbe $= \infty$ wird.

2) Die gerade Linie, welche man vom Mittelpunkte nach jedem denkbaren Punkte der krummen Bahn einer Centralbewegung ziehen, und als um den festen Mittelpunkt sich herumbewegend denken kann (Radius Vector) ist stets der Halbmesser oder die Normallinie. Nur bei der Kreisbahn ist der Radius Vector sich stets gleich, bei anderen krummen Linien muſs er bald kürzer bald länger gedacht werden; übrigens beschreibt er bei krummlinigen Bewegungen in gleichen Zeiten immer gleiche Flächenräume, woraus sich ergiebt, daſs bei der Kreisbewegung die respectiven Theile der Bahn, deren Zeiten sich gleichen, sich selbst gleich sind, oder daſs die Bewegung mit gleicher Geschwindigkeit von Statten geht; denn es ist die Geschwindigkeit in jedem Punkte der Kreisbahn im umgekehrten Verhältniſs der Perpendikel aus dem Mittelpunkte auf die Tangente der krummen Linie in diesem Punkt, und Zug und Schwung halten einander das Gleichgewicht. Jemehr sich daher eine

krumme Bahn der Kreisbahn nähert, um so gleichförmiger muſs die Bewegung in ihr sein. Bei jeder anderen krummlinigen Bahn hingegen, nimmt die Gröſse der durchlaufenen Bahntheile (mithin auch die Geschwindigkeit) in dem Maaſse zu, wie sie dem Bewegungs-Mittelpunkte näher liegen, und umgekehrt ab, je weiter sie davon entfernt sind. Die Geschwindigkeiten verhalten sich also umgekehrt, wie die Entfernungen vom Mittelpunkte und die Centripetalkraft (P) verhält sich bei der durch Centralkräfte bewirkten Kreisbewegung, wie das Quadrat der Geschwindigkeit (v) dividirt durch den Halbmesser (r) des Kreises ($P = \frac{v^2}{r}$) Gesetze, welche der unsterbliche Kepler bei der Entdeckung der elliptischen Bahnen der Planeten sich bestätigen sah, indem dort wie bei jeder elliptischen Bahn, die Anziehung des in ihr hewegten Körpers zum Mittelpunkte der Bewegung, sich verkehrt verhält wie das Quadrat der Entfernung; oder umgekehrt: wenn jene Anziehung im benannten Verhältnisse steht, muſs die Bahn eine Ellipse bilden. Vergl. §. 11. Bemerk. 4.

3) Den obigen Gesetzen für die Centralbewegung fügen wir noch folgende bei, die meistentheils aus van Swinden's Positiones physicae genommen, von E. G. Fischer (vergl. Gren's Naturlekre 6te Aufl. §. 101. f.) sowohl im Ausdrucke als in den Beweisen neuerlichst bedeutend verbessert worden sind. 1) Die Umlaufszeiten jeder zwei kreisförmigen Centralbewegungen verhalten sich wie die Halbmesser, dividirt durch die Geschwindigkeiten. 2) Unter eben den Voraussetzungen, verhalten sich die Geschwindigkeiten wie die Halbmesser, dividirt durch die Umlaufszeiten; und die Halbmesser verhalten sich, wie die Geschwindigkeiten multiplicirt mit den Umlaufszeiten. 3) Die Centralkraft eines Körpers bei der Bewegung im Kreise ist gleich dem Quadrate der Geschwindigkeit, dividirt durch den Durchmesser des Kreises. 4) Wenn zwei Körper in Kreisen von verschiedenen Durchmessern gleiche Umlaufszeiten haben, so verhalten sich ihre beschleunigenden Centralkräfte, wie die Halbmesser der Kreise. 5) Wenn sich zwei Körper mit ungleichen Geschwindigkeiten in gleichen Kreisen bewegen, so verhalten sich die beschleunigenden Centralkräfte, wie die Quadrate der Geschwindigkeiten. 6) Wenn zwei Körper in ungleichen Kreisen mit

gleicher Geschwindigkeit bewegt werden (also nicht gleiche Umlaufszeiten haben), so verhalten sich die beschleunigenden Centralkräfte umgekehrt wie die Halbmesser der Kreise. 7) Wenn sich zwei Körper in ungleichen Kreisen bewegen, und ungleiche Umlaufszeiten haben, so verhalten sich ihre beschleunigenden Centralkräfte wie die Halbmesser dividirt durch die Quadrate der Umlaufszeiten. 8) Wenn sich die Quadrate der Umlaufszeiten wie die Würfel der Halbmesser verhalten, so verhalten sich die Centralkräfte, verkehrt wie Quadrate der Halbmesser. Vergl. a. a. O.

4) Mit Hülfe der Schwungmaschine (am besten mit der vom M. Tauber in Leipzig verfertigten, der Fergusonschen wegen gröſserer Einfachheit vorzuziehenden) kann man die Wirkung der Centrifugalkraft (vergl. §. 37.) deutlicher machen. Die central (d. i. in einem Durchmesser) durchborten Kugeln, werden auf eine glatte stählerne Stange geschoben, die horizontal über einem Durchmesser des horizontallaufenden Schwungrades liegt. Wird die Kugel genau in den Mittelpunkt des Schwungrades gelegt, so bleibt sie auch beim heftigsten Umdrehen ruhig; hingegen ausser dem Mittelpunkte gelegt, wird sie (unter übrigens gleichen Umständen) der Beharrung (Trägheit) zufolge eine beschleunigte Bewegung erhalten, welche sie endlich mit einer gröſseren Geschwindigkeit forttreibt, als die Geschwindigkeit des gedachten Rades oder der Schwung-Scheibe selbst ist; wo sie dann auf dem (ihrem freien Laufe zum Hindernisse dienenden) Stabe, nach dem Umfange der Scheibe hingleiten und sich in der Richtung der Centrifugalkraft bewegen wird. Indeſs erläutert dieser Versuch doch mehr die Wirkung bewegter Körper bei gleichen oder ungleichen Massen, und bei gleicher oder ungleicher Geschwindigkeit, als die Centralbewegung selbst. Um zu den obigen Gesetzen der Kreisbewegung zu gelangen; muſs man in den Stand gesetzt sein, zwei oder mehrere von ein und derselben Centralkraft hervorgebrachte Kreisbewegungen vergleichen zu können. Läſst man z. B. zwei an Fäden befestigte Körper, in kleinen Kreisen von verschiedenen Durchmessern schwingen, so sind die Umlaufszeiten gleich, woraus das oben (vergl. Bem. 3. N. 4.) ausgesprochene Gesetz folgt. — Auch die §. 34. Bem. 12. in Beziehung des Lehrsatzes; daſs die Bewegungsgröſsen sich verhalten wie die Producte der Massen in die Geschwindigkeiten, aufgestellten Gesetze, lassen sich mittelst der Schwungmaschine anschaulich machen, wenn man je zwei

central durchborte auf die Stange geschobene Kugeln, an Häckchen durch einen horizontalliegenden Faden verbindet, und nun das Schwungrad in Bewegung setzt, und zwar a) bei zwei Kugeln von gleicher Masse und gleicher Entfernung vom Mittelpunkte, die bei der Umdrehung gleiche Geschwindigkeiten erlangen, und endlich wenn die Bewegungsgröfsen mit der Haltbarkeit des Fadens ausser Verhältnifs kommen, auseinauder getrieben werden; b) bei Kugeln von ungleicher Masse und ungleicher Entfernung erhält die entferntere eine gröfsere Geschwindigkeit, beide fahren auseinander, und die langsamer laufende wird dabei von der anderen nach aussen gehenden um etwas mit fortgerissen; c) bei ungleicher Masse und gleicher Entfernung, fährt die gröfsere nach aussen, die kleinere nach sich reifsend; d) bei ungleicher Masse, und einer Entfernung der zufolge die kleinere um soviel entfernter vom Mittelpunkte steht, als nöthig ist, um jenes durch gröfsere Geschwindigkeit zu ersetzen, was die (nähere) gröfsere an Masse gewonnen hat, werden beide Kugeln einander hemmen, und endlich nach überwundenem Zusammenhalt des Fadens, auseinander fahren; e) wird in dem letzteren Falle die kleinere Kugel noch mehr entfernt gestellt, so wird ihre Bewegungsgröfse stärker als die der gröfseren; sie fährt nach aussen, die gröfsere nach sich ziehend. (Vergl. Hildebrand's dynam. Naturl. S. 69 u. s. f.) Hieher gehört auch die Wirkung des Centrifugal-Ventilators oder Wetterfächers; vergl. Gilbert's Anm. XXXVII. 117.

5) Streng genommen müssen wir Tangentialkraft und Flieh- oder Centrifugalkraft unterscheiden, indem letztere nicht immer aus der ersteren hervorgeht, oder es doch denkbar ist, dafs die Tangentialkraft nicht, wenigstens nicht für alle Zeiten, das Bewegliche vom Mittelpunkt der Zuggewalt entferne. Denn, gesetzt das Bewegliche gehe nach n (Taf. I. Figur 1.), und hier angelangt, höre urplötzlich alle weitere Einwirkung der in der Richtung nf gewirkt habenden Centripetalkraft auf, so würde das Bewegliche in der Tangente n . . . p fortgehen, von der elliptischen Bahn abgetrieben, aber eine Zeit hindurch von dem Mittelpunkte f nicht entfernt, sondern demselben sogar näher gebracht werden, als es in n war, denn pf ist augenscheinlich kleiner als nf. In der kreisförmigen Centralbewegung, entfernt sich das Bewegliche in jedem Punkte der Bahn vom Mittelpunkt, und die Tangentialkraft ist daher in diesem Falle stets Fliehkraft.

6) Bei dem am Faden im Kreise schwingenden schweren Körper, vertritt die Cohärenz (Zusammenhaltkraft) die vom Mittel- und Hauptpunkte auswirkende Centripetalkraft; der durch die Cen-

trifugalkraft gespannte Faden zerreifst, wenn diese Kraft jene des Zusammenhangs überwiegt. Auf gleiche Weise wie die Adhäsion eines an einem Glasstäbchen hangenden Wassertropfens, durch Schwungbewegung des Stäbchens, aufgehoben, und der Tropfen fortgeschleudert wird. Aehnlich wirkt das Sand u. dgl. fortwerfende Wagenrad, die Schleuder, das vom Schleifstein abspritzende Wasser, und aus gleichen Gründen bleibt ein innerhalb eines Reifes gestelltes Glas mit Wasser, bei gleichmäfsig beschleunigtem Umschwunge, ohne einen Tropfen zu verlieren, im Reife. (Nöthige Vorsicht beim Herausspringen aus einem schnell fahrenden Wagen — Einwärtshaltung beim Ringelstechen u. s. w. Gefahrvolles Zersprengen eines Hohlkreusels, dessen durch heftigen Umschwung bewegte Luft schneller und heftiger gegen die Innenwände druckt, als sie zur Luft einlassenden Oeffnung heraus zu fliefsen vermag. Verdünnung der Luft durch Umschwung hohler, mit einer kleinen Oeffnung versehener Kugeln); Darstellung hohler leerer Kugeln durch Umschwung; s. d. Gewerbsfreund. I. 1. H.

7) Den Raum durch welchen sich die in Bewegung gesetzten Körper fortbewegen, nennt man auch das Mittel (Medium). Hindert dasselbe die Bewegung auf keinerlei Weise, so heifst es ein freies oder leeres Mittel (Medium liberum, vacuum); im entgegengesetzten Falle, ein Widerstand leistendes Mittel (Medium resistens).

§. 38.

Jedes Mittel (Medium) leistet dem in ihm bewegten Körper Widerstand (Resistentia), der entweder blofs durch die Raum erfüllende Kraft (Widerstand des Mittels schlechthin genannt) des Mittels, oder zugleich durch andere auf dasselbe einwirkende Kräfte (z. B. durch die Schwere als Anziehung zum Mittelpunkte der Erde) bewirkt wird. Im ersteren Falle betrachtet man das Medium als ruhend, im anderem als bewegt.

Bemerk. 1) Bei jedem ruhenden Mittel ist ausser seiner Gegenstemmung (das Product der Dichtigkeit, der Last und des Zusammenhalts) auch die Anziehung desselben zu der hindurch zu bewegenden Materie zu berücksichtigen. Auch bei Flüssigkeiten wird diese Art von Anziehung (Adhäsion) oftmals zum mächtigen Hindernifs der Hindurchbewegung.

2) Je gröfser der auf die Richtung der Bewegung senkrecht ge-

hende Querschnitt des Hindurchzubewegenden ist, um so mehr Flüssigkeit mufs es aus dem Wege treiben, und um so weniger kann diese ausweichen; ihre Adhäsion wirkt mithin um so dauernder, und die ohne dieselbe von der Mitte nach den Seiten gleichmäfsig geschwind ausweichenden Flüssigkeitstheile, bewegen sich langsamer fort, weil sie sowohl an den Seitenflächen als auch an der unteren und oberen Fläche des Hindurchzubewegenden (gemäfs der Gröfse ihrer Adhäsionsziehung) haften, und dadurch es selbst zurückziehen; s. weiter unten u. Cap. II.

3) Der Widerstand eines flüssigen Mittels verhält sich (bei vollkommen gleichen Umständen) wie das Quadrat der Geschwindigkeit des bewegten Körpers, multiplicirt mit dem Verhältnifs der Dichtigkeit (des widerstehenden Flüssigen zur Dichtigkeit des bewegten Körpers), vergl. §. 34. N. 12. (wenn nicht andere Kräfte, z. B. Ausdehnsamkeit der Luft gegen fallende oder gegen zusammendrückende Körper den Widerstand vermehren). Uebrigens wird die Stärke des Widerstandes der flüssigen Mittel, ausser den angegebenen Verhälthältnissen der Bewegungsgeschwindigkeit, der Dichtigkeit und der Adhäsion noch vorzüglich mit bestimmt, durch die Art und das Maafs des Flüssigseins des Mediums; ob dasselbe sehr zähfliefsend oder leichtfliefsend, ob es durch Kälte nicht nur an Dichte, sondern auch an Zähigkeit (§. 16. Bem. 3.) zugenommen, oder ob es durch Wärmung daran verlohren habe.

4) Dafs mit der gröfsern Dichtigkeit des Mittels der Widerstand im oben bemerkten Verhältnifse zunehme, bezeugen mehrere zum Theil sehr gewöhnliche Erscheinungen z. B. die Bewegung der Hand in Queksilber, Wasser und Luft. Auffallender werden dergleichen Phänomene, wenn die innerhalb des flüssigen Mediums bewegten (hinsichtlich des Widerstandes den sie dabei erleiden mit einander zu vergleichenden) Körper in ihren Dichtigkeiten beträchtlich von einander abweichen. So z. B. ist der Widerstand der Luft gegen sehr dichte Körper verhältnifsmäfsig nur geringe, hingegen gegen minder dichte oder gegen sehr leichte Körper oftmals bedeutend genug, um die Bewegung derselben (z. B. die des Fallens) beträchtlich zu hindern. Versuche mit der Luftpumpe werden uns in der Folge zeigen, dafs wenn wir durch starke Verdünnung der Luft, ihren Widerderstand auch gegen sehr dünne Körper schwächen, diese dann mit den dichteren z. B. Gold und eine Pflaumenfeder, von nicht sehr beträchtlich Höhen, gleichzeitig herabfallen. — Eine Münze und ein Stück Kork- oder Pantoffelholz auf einer feinen Waage gegenseitig ins Gleichgewicht gebracht, wird unter dem Recipienten

der Luftpumpe, nach weggenommener Luft zur Störung des Gleichgewichts kommen, und die Schaale mit dem Korkholze herabsinken, indem der durch Luftverdünnung beseitigte Widerstand für das Korkholz viel, für das Metall sehr wenig ausmachte. — Vergl. J. J. Precht's Vers. zur Bestimmung des absoluten Widerstandes, den eine in der Luft auf die Richtung ihrer Bewegung senkrech e Fläche erleidet, in Gilbert's Annal. d. Phys. XXIII. 2. 131 u. s. f.

5) Körper schwimmen von selber (d. h. werden von Flüssigkeiten getragen, ohne dafs es dazu einer Gegenbewegung der Getragenen gegen das Tragende bedürfe) wenn ihre Dichtigkeit geringer ist, als die des Mediums; z. B. Schwimmen des Holzes, Bimssteins etc. auf Wasser, der Seiffenblasen in der Luft etc. und umgekehrt sinken sie unter, wenn ihre (mittlere) Dichte gröfser ist, als die der Flüssigkeit. Vergl. weiter unten Cap. II.

6) Ueber den Widerstand fester Körper vergl. G. G. Schmidt's Abh. über den Widerstand holer fester Körper, wenn sie durch äussere Kräfte zerbrochen werden, in Gren's St. Journ. IV. H. 2. — Girard's Abh. vom Widerstande fester Körper; übersetzt von Krönke. Giesen 1803. 8. Eytelweins Handb. der Statik fester Körper, mit vorzüglicher Rücksicht auf ihre Anwendung in der Architectur; Berlin II. Band (I—III B.) 1808. 8. Erste Gründe der mechanischen Wissenschaften. Verfasset von D. F. Hecht, u. s. w. Freiberg 1819. 8.

§. 39.

Alles Widerstand leistende, hindert entweder blofs die Bewegung bewegter Körper, oder hebt sie völlig auf. Beides kann sowohl durch ruhende als durch bewegte Mittel geschehen, und für den letzteren Fall ist entweder die Widerstand leistende Bewegung gerade entgegengesetzt, und bei gehöriger Gröfse dadurch die Bewegung des entgegenkommenden Körpers aufhebend, oder schief entgegen wirkend, mit der Richtnng des anderen Körpers einen Winkel bildend. Sind beide entgegengesetzten Bewegungen in Rücksicht der Gröfsen gleich, so werden beide gegenseitig aufgehoben, ihre Bewegung wird = o, und beide kommen zur Ruhe. Denn jede den Widerstand überwindende Kraft, verliert so viel von ihrer Gröfse, als die Gröfse des Widerstandes betragen hatte. Bei verschiedener Bewegungsgröfse der sich gegen einander be-

wegenden Körper hingegen, wird der Körper mit kleinerem Momente, sich nach der Richtung des anderen mit einer so grofsen Kraft fortbewegen, als dem anderen noch bewegende Kraft, nach Abzug der Gröfse des Widerstandes, welchen dieser durch gleichen Kraftaufwand überwinden mufste, übrig bleibt.

Bemerk. 1) Jede Verminderung einer Kraft durch ihre Wirkung auf einen Körper, nennen wir (das Verhältnifs beider dadurch bezeichnend) Gegenwirkung (Reactio) des Körpers, und der Satz Wirkung und Gegenwirkung sind einander gleich, will sagen: die Kraft verliert so viel von ihrer Stärke, als auf ihre Wirkung verwendet wurde. Verschiedene Phänomene, z, B. dafs eine an ihrem Faden hängende Spinne unverletzt bleibt, von einem Schlage der ein gröfseres Thier (z. B. eine Maus) tödten würde, oder eine Pflaumfeder durch einen Schlag von bestimmter Stärke nicht so weit getrieben werden kann, als eine Bleikugel, haben falsch verstanden zu der unrichtigen Folgerung geführt; dafs man nur so viel auf einen Körper wirken könne, als derselbe Widerstand zu leisten vermöge. — Eine Kanone bewegt sich nach dem Abfeuern rückwärts; ein fester Körper, wenn er zwischen den Fingern gedrückt wird, bewirkt Schmerz in beiden Fingern; u. s. w. — Bei hinreichender Mittheilungszeit vertheilt sich die Bewegung in das Zu-Bewegende gleichförmig; wie hingegen durch Uebereilung theilweise Bewegung erfolgen kann, gemäfs des zu jeder Bewegungsmittheilung nöthigen Zeitaufwandes, s. §. 41. Bem. 1.

2) Als Beispiel einer gerade entgegenwirkenden und dadurch Widerstand leistenden Kraft, kann die (in der Folge näher zu untersuchende) Schwere bei allen von der Erde fort bewegten Körpern angeführt werden. — Eine und dieselbe allgemeine Kraft wirkt stets jeder gleich allgemeinen Gegenkraft oder Gegenthätigkeit entgegen, und die Frage nach dem, was einem zu erforschenden Naturwesen entgegen wirkt, führt sicher und bestimmt zur genauen Kenntnifs des Zu-Erforschenden. — So wirkt z. B. die Wärme entgegen der Anziehung, und sie dient daher zum Mittel die verschiedenen Anziehungsarten, die in den Materien wirken, näher zu bestimmen, indem z. B. andere Mengen von Wärme erfordert werden, um die chemische Ziehung zur Ruhe zu stellen, als um diejenige ins Gleichgewicht zu bringen, welche die Starrheit bedingt, und wieder andere um die Tropfbarkeit zu wältigen. u. s. w.

3) Da Bewegungskraft und Widerstand einander entgegengesetzt sind, so kann sich ein Körper nicht bewegen. wenn beide in ihm räumlich vereint werden. Befindet sich z. B. auf einem schwimmenden Schiffchen eine Dampfkugel, deren horizontal laufende Mündung gegen die Luft ausserhalb des Schiffes gerichtet ist, so wird diese Luft dem aus der Mündung heraus (gegen sie) bewegten Wasserdampfe einen Widerstand entgegensetzen, welcher das Schiff rückwärts (in die der Mündung entgegengesetzte Richtung) treibt; wird hingegen derselbe ausströhmende Dampf gegen ein an den Mast des Schiffes befestigtes hinreichend dichtes Segel gerichtet, so wird Widerstand und Bewegungskraft gleichartig werden, und das Schiff aufhören rückwärts getrieben zu werden.

4) Die Bewegungskräfte sind entweder *a*) Lebenskräfte. d. h. die Erscheinung des Lebens bedingende Kräfte; oder *b*) lebendige mechanische Kräfte, mit denen die Organismen ausser ihren Grenzen Bewegungen hervorbringen; z. B. die sich äussernden Muskelkräfte der Menschen und der Thiere; oder *c*) todte mechanische; z. B. Maschinenkräfte. In allen dreien wirken die einfacheren Naturkräfte, die gewöhnlich in physische (Schwere, Cohäsion, Magnetismus, Electricismus, Licht, Wärme u. s. w.) und chemische (Mischungskräfte) gesondert zu werden pflegen.

5) Von den Naturkräften unterscheiden wir die Geisteskräfte; erstere wirken nur als Gegenkräfte, oder nur insofern ihnen entgegnet wird, oder so weit sie Entgegnung (Gegensatz) hervorrufen, d. h. ausser ihnen vorhandene Wesen zur Gegenthätigkeit bestimmen; letztere als ungeforderte oder freie Kräfte; §. 1.

6) Naturkräfte sind durch Mittheilung minderungs- oder aufhebungsfähig; sie sind theilbar und verbreitbar; das Geistige wirkt hingegen ohne Theilbarkeit und ohne Ausgedehntheit, und sein sog. Mittheilen ist ein Erzeugen dessen, was es selbst ist, in Wesen, wo es zuvor selbst nicht war, und in welche es auch (als Einzelnes) nicht eingeht, während es in ihnen erweckt wird; wie dieses unter andern bestätigt die Fortpflanzung des Menschengeschlechts, so wie überhaupt die Erzeugung lebender Organismen; vergl. Cap. VIII.

7) Mittelst Maschinen sind gleichförmigere Bewegungen möglich, als durch lebendige mechanische Kräfte.

§. 40.

Setzt sich einem bewegten Körper, sogleich beim Anfange seiner Bewegung ein anderer (Widerstandleistender)

Körper entgegen, so entsteht Druck (Pressio), und zwar gegenseitiger (oder Zusammen-) Druck, wenn beide Körper durch bewegende Kräfte gegen einander getrieben werden, oder einseitiger Druck, wenn der eine von diesen Körpern sich ruhend verhält; in dem letzteren Falle unterscheiden wir das Drückende (premens) von dem Gedrückten (pressum).

Bemerk. 1) Das Drückende beginnt sich erst zu bewegen, zur Zeit, wann es das Zusammendrückende berührt; das Stoſsende kommt bereits als zuvor schon Bewegtes zur Grenze des zu stossenden. Der Druck ist entweder stetig (continuirlich, continua) oder unterbrochen (discontinuirlich, mutabilis, iuterrupta). Zu der ersteren Art gehört das Pressen, wo der Druck bei unveränderten Berührungspuncten bleibend ist und das Strecken zwischen Walzen, Drathziehen u. s. w., wo der Druck zwar bleibend ist, aber die Berührungspunkte stets wechseln; zur letzteren Art das Hämmmern etc. Bei festen Körpern wird der gedruckte Körper entweder in Rücksicht seiner Masse verändert (z. B. verdichtet) oder zerrissen, und so dem drückenden Körper aus dem Wege geschafft; oder unzerrissen fortgetrieben; bei flüssigen Körpern wird entweder der gedruckte Körper fortgetrieben z. B. bei eingeschlossenen Flüssigkeiten mittelst eines Stempels, oder durch Trennung zum Ausweichen gebracht. Die nähere Untersuchung dieser verschiedenen Arten des Drucks, so wie die des Gegendrucks in der Folge s. Cap. 2.

2) Der Druck wird entweder durch die Macht des Zusammenhanges (Cohärenz), und durch die Unverschiebbarkeit der Aggregativtheile, oder durch die in dem Gedrückten mehr oder weniger mögliche Macht der Wiederausdehnung (Elasticität §. 33.), welche bei zunehmendem Drucke wächst, gehemmt. Bei jedem gehemmten Drucke, wirkt dennoch die Druckkraft stetig fort, und bezeugt dieses dadurch, daſs sie bei nachgelassenem Widerstande Bewegungen veranlaſst. Ist hingegen die stetige Druckkraft gegen einen ruhenden nicht ausweichenden Körper (z. B. gegen eine unverschiebbare Unterlage) gerichtet, so erfolgt keine Bewegung und der Widerstand des ruhenden Körpers ist dann stets der Druckgewalt gleich.

3) Verschiedener Zustand und verschiedene Grade von Ausdehnsamkeit oder von Federhärte (§. 33.) bewirken auch Verschiedenheit des Widerstandes der Mittel. — Jeder bewegte Körper, der das Mittel vor sich hin oder aus einander treibt,

verliert in jedem Theile seiner Bahn so viel von seiner Bewegungsgröfse, als die Masse des zu bewegenden Mittels mit jener Geschwindigkeit ausmacht, welche der des Körpers gleich ist; denkt man sich diese Verminderung eine Zeit hindurch fortschreitend, so erhellt, dafs endlich nur noch ein so kleines Moment übrig bleibt, dafs es durch etwas neu hinzugekommenen Widerstand ganz aufgehoben, und so die Bewegung des Körpers vollkommen gehemmt wird. Vergl. K. C. H. Langsdorf: Neue Erweiterungen der mechanischen Wissenschaften etc. Manheim und Heidelberg 1816. 8.

4) Es läfst sich denken, dafs der continuirliche Druck nach mehreren Richtungen zugleich — aber so gegeben sei, dafs diese Richtungen sich stets ändern; man nennt diese Art des Druckes Reibung oder Friction (Frictio), und der Nachtheile ohnerachtet, die dieselbe bei verschiedenen Maschinen mit sich führt, zieht man doch von ihr sowohl im gemeinen Leben, wie auch selbst bei Maschinen bedeutende Vortheile; denn ohne Reibung würden wir z. B. von jedem Hügel herabgleiten, und keine Anhöhe ohne Stufen ersteigen können. Schrauben und Keile wären ohne Reibung fast nicht brauchbar. (Schrauben mit viereckigen Gängen reiben weniger als die mit scharfkantigen.) Bei der Schraube verzehrt die Reibung über die Hälfte, und beim Keil an $^2/_3$ und darüber der bewegenden Kraft. Eigentliches Reiben durch Gegenstemmen findet nur bei rauhen Flächen fester Körper statt, gewöhnlich werden aber auch die in der Folge zu untersuchenden Phänomene der Flächenanziehung hieher gerechnet. In dem Maase wie Rauhigkeit und der gegenseitige Druck zunimmt, wächst auch die eigentliche Reibung, aber die durch Anziehung bewirkte nimmt umgekehrt mit der Glätte der sich berührenden Flächen zu. Je häufiger die Berührungspunkte wechseln, um so mehr mindert sich die Reibung. Daher der Vortheil den Walzen, Räder, Kugeln etc. beim Fortschaffen von Lasten gewähren. Ausserdem ist die Gröfse des Widerstandes im Allgemeinen und insbesondere der Reibung von der Gröfse der Flächen (z. B. der Fallschirm, Parachûte vergl. weiter unten §. 85. Bemerk. 12. §. 87. Bemerk. 1.), von der Geschwindigkeit der bewegten Körper, von der Beschaffenheit der Materien (gleichartige Materie z. B. Stahl auf Stahl reiben sich stärker, als Stahl auf Messing) und davon abhängig, ob die Reibung gleitend oder wälzend statt findet; wo im ersteren Falle z. B. beim Abgleiten einer erhaben gekrümmten Fläche an einer gleichmässig vertieft gekrümmten etc., die Reibung, sowohl die durch

Rauhigkeit als die durch Anziehung bewirkte, stets stärker als im letzteren ist, weil sich hier weit weniger Berührungspunkte (bei der Kugel z. B. nur ein Punct) treffen. Beim Rade wird dem Obigen zufolge die Reibung um so mehr vermindert werden, je dünner die Zapfen sind; daher sind die bei gleicher und gröfserer Haltbarkeit dünneren stählernen Wagenaxen vortheilhafter als die hölzernen. Schon viel des Vortheilhaften der Räder an den Wagen und Karren kommt auf Rechnung der verminderten Reibung. Auch gehört hieher die Einrichtung der englischen Rollen, der zufolge man in einem kreisrunden Ausschnitt um den Mittelpunkt der Rolle sechs kleine Walzen anbringt, die zugleich am Umfange des Ausschnitts und an dem cylindrischen, in dem Kloben festsitzenden Zapfen anliegen. Durch ihre Axen, die unbefestigt in Löchern stecken, welche sich in zwei ringförmigen Seitenbahnen befinden, wird ihre Stellung gesichert und das Aneinanderstofsen derselben verhütet. Mit Flaschenzügen, deren Rollen diese Einrichtung haben, sollen 3 Mann mehr zu heben vermögen, als es mit den gewöhnlichen 5 Mann vermögen; siehe weiter unten §. 54. Bemerk. 4. Radaxen, welche in cylindrischen Pfannen laufen, versetzen die beim Fortschleifen sonst am Umfang des Rades statthabende Reibung, an den Umfang der Axe, wodurch sie in dem Maafse vermindert wird, als der Axenhalbmesser kleiner ist als der Halbmesser des Rades; s. weiter unten S. 85 und §. 87. Mit Hülfe der Tribometer oder Reibungsmesser bestimmt man unvollkommen und nur in wenigen Fällen die Gröfse des durch Reibung bewirkten Widerstandes. Desaguilers und Muschenbroek haben dergleichen angegeben; jenes des lezteren besteht aus einer hölzernen Welle mit stählerner Axe, deren Enden oder Zapfen in Zapfenlager von verschiedenen Materien gelegt werden können, und wo zu beiden Seiten des Umfangs der Welle Gewichte herabhängen. Versuche zeigen wieviel Uebergewicht nöthig ist, um die Welle nach einer Seite herumzudrehen, d. i. die Reibung zu überwinden. Ist der Halbmesser der Welle 20mal gröfser, als der eines Zapfens, so ist die Reibung gleich zu schätzen, dem 20 fachen der Ueberwucht, die am Umfange der Welle hängt. Uebrigens vermindert man die Reibung durch möglichste Beseitigung der oben angeführten Umstände, die ihre Gröfse vermehren. Höchst geringe ist sie beim Hebel, bei der Wage, und nicht beträchtlich beim Rad an der Welle (wo sie dem Gewichte, der Geschwindigkeit der Maschine und dem Durchmesser der Zapfen proportional ist); bedeutend hingegen ist sie bei den Rollen, zumal den klei-

nen, weil deren Axen ziemlich stark und dick sein müssen, ihre Seiten an dem Kloben reiben, und weil sie gegen die Steifigkeit der Seile wirken müssen. Die (nicht stark haftende) Schmiere, das (schwer gerinnende Klauen-) Fett, oder weiche pulvrige Substanzen z. B. Reisblei (Plumbago), verhindern die unmittelbare Berührung und Erhitzung und erhöhen zugleich die Verschiebbarkeit der Berührungspunkte. Durch Frictionsräder (zwischen oder auf welchen die Zapfen eines andern Rades — und zwar jedes zwischen drei oder auf zwei — liegen) wird die Reibung vom Umfange der Zapfen nach dem Umfange ihrer Axen versetzt, und dadurch merklich, ja bis ins Unbedeutende geschwächt. Ueber die beim Reiben erzeugte Electricität und Wärme und deren Einfluſs auf Haftung; Cap. IV. u. XI.

§. 41.

Wird ein in bestimmter Richtung bewegter Körper auf irgend eine Weise gehemmt, so nennen wir den dabei (vermöge seiner Masse und Geschwindigkeit) eintretenden Druck und die zugleich stattfindende Mittheilung der Bewegung Stoſs (Percussio, Ictus). Wir unterscheiden dabei den eine gewisse Bewegungsgröſse besitzenden stoſsenden Körper (percutiens) von dem gestoſsenen (percussum), in welchen ein Theil jener Bewegungsgröſse übergeht. Vergl. §. 34. N. 13. Der Erfahrung gemäſs, sind die dabei vorkommenden Erscheinungen, unter übrigens gleichen Umständen, nach der eigenthümlichen Beschaffenheit der Körper verschieden, und vorzüglich nach Maasgabe der Härte (oder Unfähigkeit sich durch äussere Gewalt zusammen drücken zu lassen) der Weiche und der Elasticität, vergl. §. 16. B. 1. Auch muſs die Richtung unter welcher der Stoſs statt findet, genau bemerkt werden, wenn über seinen Erfolg gehörig geurtheilt werden soll. In dieser Rücksicht unterscheidet man den centralen Stoſs (d. i. derjenige, wo der Mittelpunct der Masse des gestoſsenen Körpers genau in der Bahn liegt, worin der Mittelpunct des stossenden fortwirkt), wo der gestossene Körper die Einwirkung der ganzen Bewegungsgröſse des stoſsenden erleidet (der zugleich als gerader Stoſs betrachtet wird, wenn er gegen eine Ebene senkrecht — unter einem rechten Winkel —

geht, hingegen schief ist, wenn er gegen die Ebene unter einem schiefen Winkel statt findet) von dem nicht in der Richtung des Mittelpuncts gegebenen Stosse, der einen Theil des gestofsenen Körpers ausser der Richtung seines Mittelpunctes trifft, und eigentlich zunächst nur diesen Theil in Bewegung setzt. Hängt dieser Theil stark genug mit den übrigen Theilen des Körpers zusammen, so zieht er diese mit sich fort; im entgegengesetzten Falle, wenn die Kraft des Zusammenhanges kleiner ist, als die zur Bewegung der übrigen Theile erforderliche, so zerreifst der gestofsene Körper, und der bewegte Körper geht mit einer Kraft fort, die gleich der bewegenden Kraft weniger der Kraft des Zusammenhanges ist, während der übrige Antheil unbewegt liegen bleibt. Vergl. §. 30.

Bemerk. 1) Die Gröfse der zur Bewegung jener übrigen Theile erforderlichen Kraft, hängt zum Theil ab von der Geschwindigkeit die sie bekommen sollen, theils von ihrer Masse; weshalb derselbe Körper oftmals bei einer gröfseren Masse zerreifst, während er bei der geringeren ungetheilt bleibt, und weswegen bei derselben einwirkenden Stofskraft ein Körper von geringer Dichtigkeit unverletzt bleibt, während er bei vermehrter Masse zertrennt wird. Die Thatsache, dafs zur Mittheilung jeder Art von Bewegung Zeit erfordert wird, und dafs sie nie in einem untheilbaren Momente statt haben kann, ist es, welche mehrere hieher gehörige Fälle erläutern hilft. Z. B. Taucht man einen sog. Glastropfen mitten in das in einem Zuckerglase befindliche Wasser, so dafs die Spitze oben herausragt ohne den Gefäfsrand zu berühren, und bricht sie dann ab, so wird die Wirkung nicht zur Folge haben, das Herausspritzen des Wassers aus der sehr weiten Mündung des Glases, sondern des letzteren Zersprengung, weil der Stofs sich nicht schnell genug durch die ganze Wassermasse verbreitet. Ein an einem dünnen Faden hängender schwerer Stein, wird durch langsames Ziehen des Fadens bewegt werden können, während beim schnellen Zug, theils die Zeit, welche die dem Faden mitgetheilte Bewegung nöthig hat, nicht hinreicht, sie bis zum Steine fortzupflanzen, theils die Geschwindigkeit mit welcher der Zug geschieht, die Bewegungsgewalt in der Zugrichtung gröfser macht, als die Cohärenz des Fadens an Anziehungsgewalt seiner Theile

zu entgegnen vermag. Ein in zwey Haarschleiffen horizontal schwebender Pfeiffenstiel zerbricht durch schnellen Schlag, während die Haare unzerrissen bleiben; langsamer Druck zerreifst hingegen die Haare. Eine auf ein Kartenblatt liegende Münze, fällt in das vom Blatte bedeckte Glas, beim Wegschnellen des Glases. Beim Herausspringen aus dem fahrenden Wagen fällt man rückwärts dem Hinterrade zu; u. s. w. Vergl. oben §. 39. Bem. 1. Positive Widerstände z. B. Friction, Schwere, magnetischer und elektrischer Gegenzug, u. s. w. haben übrigens auf die Zerreifsung Einflufs, und müssen von dem stofsenden Körper ebenfalls überwunden werden. — Jene Bewegung die ein Körper mittheilt, indem er an einen anderen haftet, welche diesen nöthigt dem ersteren auf seinen Wege zu folgen, nennt man zum Unterschiede vom Stosse: Zug.

2) Schliefsen die Richtungen zweier Stofskräfte einen Winkel ein, so wird der gestofsene Körper nach einer Richtung die innerhalb des Winkels fällt, und mit einer gewissen Geschwindigkeit in einer gegebenen Zeit getrieben. Wenn man das Verhältnifs jener Kräfte und ihrer Richtungen durch zwei gerade Linien ausdrückt, so kann man hieraus ein Parallelogramm bilden, welches das Parallelogramm der Kräfte genannt wird, dessen Diagonale die Richtung des gestofsenen Körpers, seine (mittlere) Geschwindigkeit und das Verhältnifs seiner Kraft zu den bewegenden Kräften und zu den stets gröfseren Seitengeschwindigkeiten angiebt. Sofern zwei Seiten eines Dreiecks stets zusammen gröfser sind, als die dritte, insofern ist auch die mittlere Geschwindigkeit stets kleiner, als die Seitengeschwindigkeiten zusammen, und zwar um so kleiner, je stumpfer der Winkel ist, den die Richtungen beider Kräfte mit einander machen, und der bewegte Körper legt (bei rechtwinkliger Richtung der Kräfte) die Bahn in der Diagonale in derselben Zeit zurück, welche erforderlich gewesen wäre, um von einer Kraft getrieben, ihn eine der gleich langen Seiten allein durchlaufen zu machen; bei unendlich spitzem Winkel (d. h. wenn der Winkel = 0) wirken die Kräfte nach einer und derselben Richtung, und zwar mit der Summe beider. — Wird ein Körper von drei oder mehreren Stofskräften, die in verschiedener Richtung einwirken in Bewegung gesetzt, so wird die Bahn (bei dieser zusammengesetzten Bewegung §. 34. N. 11.) des Körpers leicht gefunden, wenn man vorerst die Diagonale zweier Kräfte bestimmt und als eine Kraft betrachtet, die mit der dritten auf ähnliche Weise vereint, zu einer neuen Diagonale u. s. f. endlich bei einem mittleren Wege angelangen

läſst, der die gesuchte Bewegungsrichtung ist. Es sein z. B. in Fig. 2. die Linien A B, A C und A D die Richtungen der einzelnen Stoſskräfte, so wird zuerst aus der Zusammensetzung von A B mit A C, A E als mittlerer Weg hervorgehen; dieser Weg A E werde jetzt als einfach betrachtet mit A D verbunden, so wird die Diagonale A F des Parallelogramms A D F E der Weg sein, den der gestoſsene Körper einschlägt. — Es geschieht hier zugleich, was sonst, ohne Verknüpfung der Bewegung, nach einander geschehen sein würde, woraus denn das Parallelogramm oder vielmehr das Parallelepipedum der Kräfte folgt; Link a. a. O. 279. — Die Bewegungen nach den Seiten des Parallelogramms heiſsen Seitenbewegungen, und die sie bewirkenden Kräfte: Seitenkräfte, die Bewegung in der Diagonale die resultirende Bewegung und die dabei statthabende Verknüpfung oder Wirkungsvereinigung der Kräfte; die Zusammenwirkung, und als Einheit gedacht: die Diagonalkraft, Mittelkraft oder resultirende Kraft. Die Mittelkraft wirkt z. B. bei solchen Vorrichtungen in den Schaubühnen, wodurch schräge auf- oder abwärtsgehende Hebungen oder Senkungen bewirkt werden; bei dem Steine der vom Mastkorbe des schnellsegelnden Schiffes fallend, an den Mast (etwas ostwärts) niederschlägt, indem er unmittelbar vor dem Anheben des Fallens durch die Bewegung des mit ihm noch verbundenen Schiffes nach vorn (östlich), dann aber durch den Fall (oder durch die Fallkraft oder Schwere) nach unten getrieben wird. Oestlich fällt er nemlich, wegen der ihm oben gewordenen gröſseren, durch die Bewegung der Erde ostwärts gerichteten Schwungkraft; vergl. §. 64. Bem. 3.

3) So wie man bei gegebenen einfachen Richtungskräften, den Weg eines zu stoſsenden Körpers auf beschriebene Weise zu bestimmen vermag, so kann man auch bei einer gegebenen zusammengesetzten Bewegung eines Körpers, die dazu erforderlichen einfachen Stoſsrichtungen, nach derselben Construction des Parallelogramms ausmitteln, welches man die Zerlegung der Kräfte nennt.

4) Wirken beide Stoſskräfte auf den Körper nach entgegengesetzter Richtung, so wird sich der Körper nach der Richtung der stärkeren Kraft hinwegen, mit der Differenz der Geschwindigkeiten beider Kräfte. Ist die Differenz 0, so ruht der Körper. Vergl. §. 34. N. 14. — Beispiele zusammengesetzter Bewegung gewähren ausser den bereits erwähnten ein zwischen den Fingern fortgeschnellter Kirschkern, der bei windiger Luft aufsteigende Rauch, der Umschwung der schief gegen den Wind ge-

stellten Windmühlflügel und der ihnen ähnelnden Woltmannschen Hydrometer und ein Schiff das an beiden Ufern gezogen oder durch Segeln in Ströhmungen fortbewegt wird; ferner das Laviren, Segeln mit halben Winde, Beilegen, Steuern mit dem Steuerruder, Bewegung der fliegenden Brücken, der aufsteigenden papiernen Drachen, u. s. w. Mit der Fergusonschen oder Eberhardischen Diagonalmaschine lassen sich Versuche darüber anstellen. Uebrigens ist die Richtung des Wiederstandes, den der gestofsene oder gedrückte Körper erleidet, immer senkrecht auf seiner Oberfläche, in jenem Punkte, wo der Stofs oder Druck geübt wird, weshalb denn auch nur jener Theil von der ganzen Kraft des stofsenden oder drückenden Körpers wirkt, welcher jener senkrechten Richtung entgegen steht. So wirkt z. B. der Wiederstand den das Wasser leistet gegen ein, mit dem Kiele des segelnden Schiffes einen schiefen Winkel bildendes (und daher gegen das Wasser schief drückendes) Steuerruder, nur mit dem Theile, der senkrecht gegen die Ebene desselben gerichtet ist. — Ferner: jede unter einem Winkel statthabende Aenderung in der Richtung einer Röhre, vermindert die Geschwindigkeit des darin fliefsenden Wassers, oder des darin aufsteigenden Rauchs (bei Stubenöfen), und die Stärke des darin fortgepflanzten Schalles, darum müssen alle hieher gehörenden Richtungsänderungen von Röhren, bogenförmig und so allmählig wie möglich gekrümmt und (Falls sie erweitert werden sollen) allmählig geweitet sein.

5) Auch erklärt sich hieraus das schnelle Schwimmen der mit dem Schwanze seitwärts schlagenden Fische. — Dem Bau der schwimmenden Fische ohngefähr nachgebildet, ist jener der — nach der Richtung des Kiels das Wasser durchschneidenden und dadurch vom Wasser nur geringen Wiederstand erleidenden — Schiffe.

6) Die Gesetze des Druckes (§. 40.) lassen sich nicht unmittelbar auf den Stofs unelastischer harter Körper anwenden, da Druck und Stofs nicht gleichwerthig sind, sondern zunächst gestatten einigermafsen solch eine Anwendung nur jene des Zusammendrucks (a. a. O.) zweier bereits sich berührenden Körper, die erst nach der gegenseitigen Berührung von Kräften getroffen werden, welche sie heftiger zu einander treiben, als sie durch die ruhige Berührung zu einander getrieben worden waren, und wo in Folge der Wirkung solcher Trieb- oder Druckkräfte, entweder wirkliche gegenseitige Einengung statt hat (wie bei den Gasen und den Starren) oder der Druck, ohne

merkliche Begrenzungsverminderung nach allen Richtungen ebenso stark fortgepflanzt wird, als er ursprünglich ausgeübt wurde; wie bei den Tropfbaren. Vergl. Cap. II.

7) Diejenige Wissenschaft, welche die Bewegungskräfte der Körper im Allgemeinen zum Gegenstande hat, heifst die Dynamik. Werden die Kräfte betrachtet, insofern sie sich entweder das Gleichgewicht halten, oder sich in Bewegung setzen, so kann man wieder unterscheiden, ob es feste, tropfbarflüssige oder elastischflüssige sind, und die dahin gehörigen Zweige der angewandten Mathematik heifsen im ersten Falle Statik und Mechanik; im zweiten Hydrostatik und Hydrodynamik und im dritten Aërostatik und Aërometrie. (Die Hydraulik handelt von jenen Maschienen, in welchen Wasser die zu wältigende Last oder die bewegende Kraft ist. Vergl. H. W. Brandes Lehrbuch der Gesetze des Gleichgewichts und der Bewegung fester und flüssiger Körper. Breslau I—II Th. Mit Kupf. 1817—1818. 8.

§. 42.

Die Gesetze des Zusammendrucks (§. 40.) gestatten gewissermafsen eine Anwendung auf die Erklärung der Erscheinungen, welche zwey Körper darbieten würden, wenn dieselben als gänzlich unelastische und als blos harte Massen aufeinander stiefsen; wiewohl es nun keine dergleichen gänzlich unelastische Materien giebt (denn auch selbst des Breiigweiche und das Tropfbare ist noch im geringen Grade elastisch, und die Starren sind es sämmtlich sehr merklich), so erleichtert es doch die Einsicht in die Natur des Gegenstofses der elastisch harten (federharten) und der elastisch flüfsigen (ausdehnsamen) Materien, wenn wir einstweilen annehmen: als gebe es blos harte, unelastische Körper und ausmitteln: wie sich diese im bemerkten Falle verhalten würden? — Gesetzt es stofsen zwei harte Körper mit gleichen Bewegungsgröfsen auf einander, so kommen beide nach dem Zusammenstofsen in Ruhe; und bei ungleichen Bewegungsgröfsen gilt das bei dem Widerstande §. 39 aufgestellte Gesetz. Es wird nämlich die stärkere Bewegungsgröfse um so viel vermindert, als die schwächere (welche ganz

aufgehoben wird) beträgt; sie wirkt nun noch mit dem Ueberschusse ihrer Kraft, den überwältigten Körper in ihrer anfänglichen Richtung forttreibend. Da dieser sich aber nicht bewegen kann, ohne Widerstand zu leisten, so vertheilt sich die noch übrige Stofskraft in die Massen beider Körper gleichförmig, und beide bewegen sich mit gleicher Geschwindigkeit fort.

Bemerk. 1) Eine unmittelbare Anwendung der Gesetze des Druckes (§. 30) auf jene des Stofses ist schon darum unstatthaft, weil beim Drucke die Bewegung einer beginnenden, beim Stofse hingegen mit einer begonnenen Geschwindigkeit sich äussert, daher kann eine kleine stofsende Masse mehr bewirken, als eine gröfsere drückende. Jedoch kann der Nachdruck (z. B. vermehrter Gewichtsbelastung) ersetzen, was dem Drucke an Kraft abgeht.

2) Wir können uns denken, dafs der Stofs auf dreifache Weise zwischen den Körpern eintreten könne, nämlich a) zwischen einem ruhenden und einem bewegeten; b) zwischen zwei sich bewegenden von einerlei Richtung, aber von verschiedener Geschwindigkeit, und c) zwischen zwei hewegten Körpern von entgegengesetzter Richtung.

3) Bezeichnen wir die Masse der stärkern Bewegungsgröfse durch M, die Geschwindigkeit durch C und setzen also diese Bewegungsgröfse $= MC$, die schwächere Bewegungsgröfse $= \pm mc$; so wird die Bewegungsgröfse nach dem Zusammenstofse $= MC - mc$ sein, und in dem sich dieselbe unter $M + m$ vertheilt, so bringt sie eine neue mit Z zu bezeichnende Geschwindigkeit hervor, welche $Z = \frac{MC - mc}{M + m}$ sein mufs, da $(M + m) Z = MC - mc$ ist. Ist der ruhende Körper vollkommen unbeweglich, so ist c nicht blofs $= 0$, sondern wir können dann auch m als unendlich grofs ansehen, mithin $z = 0$ setzen. Ist der ruhende beweglich, so wird die nach dem Stofse von beiden Körpern erlangte (neue) gleiche Geschwindigkeit, gleich sein der Bewegungsgröfse des stofsenden Körpers, dividirt durch die Summe der (schweren) Massen; und es ist dann $Z = \frac{M.C}{M + m}$. Bewegen sich beide mit verschiedener Geschwindigkeit nach einerlei Richtung, so wird beider Geschwindigkeit nach dem Stofse, gleich sein der Summe der Bewegungsgröfsen vor dem Stofse, dividirt durch die Summe der (Gewichte oder schweren) Massen; mithin ist $Z = \frac{MC + cm}{M + m}$.

Bewegen sich endlich beide Körper nach entgegengesetzter Richtung mit ungleichen Bewegungsgröfsen, so gehen beide Körper nach der Richtung desjenigen fort, der die stärkere Bewegungsgröfse hatte; und beider Geschwindigkeit ist dann gleich der Differenz beider Bewegungsgröfsen vor dem Stofse, dividirt durch die Summe der (schweren) Massen $Z = \frac{MC - mc}{M + m}$. — Mariotte, Gravesande und Nollet haben Percussions- oder Stofsmaschinen angegeben, die zur Erläuterung obiger Fälle durch Versuche dienen. Läfst man bei der Mariotteschen Maschine die Kugeln in Bogen fallen, so verhalten sich die Geschwindigkeiten an der untersten Stelle nur dann fast wie die Bogen selbst, wenn diese sehr wenige Grade haben, bei grössern Bogen hingegen, verhalten sich die Geschwindigkeiten, wie die Quadratwurzeln aus den senkrechten Fallhöhen, und somit (geometrichen Gründen zufolge) wie die Sehnen der Bogen; daher müssen bei grösseren Bogen nicht die Bogen selbst, sondern die Quadratwurzeln der senkrechten Fallhöhen (oder der Quersinus) verglichen werden, und jene Maschine ist um so brauchbarer, je gröfser sie ist, und je gröfser die Halbmesser sind, womit die Bogen beschrieben werden, weil dann ein auch nur wenige Grade haltender Bogen doch (im Längenmaas) eine beträchtliche Länge hat.

6) Bewegt sich ein fester Körper mit mäfsiger Geschwindigkeit in einem flüssigen oder weichen (d. i. weichenden) Körper, so wird der Letztere ihm nur ein Minimum vom Widerstand = o entgegenzusetzen vermögen. Dringt aber der festere schnell vor, so widersteht der vorhin weichende, und nur ein neues Uebermaas von Kraft, wird diese neu sich äussernde, aus und in dem Flüssigen gleichsam hervorgetretene relative und örtliche Unbeweglichkeit wieder aufzuheben vermögen. Je weicher der Körper ist, desto mehr wird von dem Momente des Stofses darauf verwendet, Ort, Lage und Gestalt des weichen Körpers zu verändern, und daher kann es wohl kommen, dafs das Weiche oder Flüssige durch den Stofs gar nicht fortbewegt wird; auch kann der weiche Körper bei grofser Geschwindigkeit oder bei grofser Masse, den harten Körper worauf er stöfst in Bewegung setzten, und mit dem Werthe eines uneindringbaren Starren (Festen) zurückwirken. Auf ähnliche Weise kann auch eine im stehenden ruhenden Flüssigen gebildete (oder vielmehr geballte) Welle, ein momentanes Entstehen ähnlicher Gebilde veranlassen, und dieses leitet zur dynamischen Construction der innerlichen oder inwendigen Bewegung, eines motus intestinus,

gleich einem Pulsiren durch wechselweise von einzelnen Stellen aus vorgehende Contractionen und Expansionen des Flüssigen; ohne dafs man zu atomistischen Hypothesen von präexistirenden und bleibend discreten (runden) Körperchen seine Zuflucht zu nehmen braucht, um das Wesen des Flüssigen zu erkennen, wodurch es nicht erkannt, sondern vielmehr dem Flüssigen seine Flüssigkeit (Continuität) gleichsam ins Angesicht abgeleugnet wird.

§. 43.

Von dem Stofse blofs harter Körper verschieden, ist derjenige der elastischen oder federharten Körper; bei dessen Untersuchung wir zweierlei Wirkungen unterscheiden können, nämlich die, welche der Stofs unmittelbar auf die Bewegung der Körper hat, und die Veränderung, welche durch die Rückwirkung der Elasticität in der Bewegung beider Körper zu Stande kommt. Es werden nämlich die elastischen sich beim Zusammenstofsen berührenden Theile, nach Maasgabe der gegenseitigen Stofsgröfse zusammen gedrückt, und vermöge der Elasticität mit derselben Gewalt wieder in die vorige Lage zurück gebracht; und üben also, wenn beide Körper elastisch sind, gegenseitig einen Rückstofs aus, welcher der Stärke des Zusammenstofses entspricht; ist hingegen nur der eine Körper elastisch, so wird der Rückstofs der Zusammendrückung dieses einen Körpers gleich sein.

Bemerk. 1) Die elastischen Körper erleiden beim Stofse zuvörderst eine ähnliche Veränderung wie die mehr oder weniger weichen Körper, aber gleich darauf wirkt ihre Elasticität, und ruft eine neue Veränderung, nicht nur rücksichtlich der zuvor abgeänderten Gestalt der Körper, sondern auch in Hinsicht auf ihre Bewegung hervor.

2) Für die einzelnen Fälle ergeben sich folgende Gesetze:

a) Stofsen ein paar elastische Körper von gleicher Bewegungsgröfse auf einander, so kommen sie nicht wie bei den harten Körpern zur Ruhe, sondern jeder bekömmt eben soviel Bewegung nach der Richtung, die der entgegengesetzt ist, welche er vor dem Stofse hatte; sie prallen beide mit dersel-

ben Geschwindigkeit von einander ab, mit der sie sich zuvor gegen einander bewegten.

b) Sind in dem vorigen Falle die Bewegungsgröſsen ungleich, so ist auch ihr Verhalten nach dem Zusammenstoſsen verschieden, und bei ungleichen Geschwindigkeiten und gleichen Massen, verändern sie nach dem Stoſse beim Appralleu ihre Geschwindigkeiten. Gesetzt es sei $M = m$, beider Geschwindigkeiten aber vor dem Stoſse ungleich, $c < C$; so ist die Wirkung von M auf m, $= \frac{1}{2}(C + c)$, denn sie besteht nicht bloſs darin die Geschwindigkeit c zu vernichten, sondern auch die Geschwindigkeit $\frac{1}{2}(C - c)$ zu erzeugen. Jene Geschwindigkeit giebt mithin m (vermöge der Elasticität) an M zurück; M hatte aber ohne Wirkung der Elasticität schon die Geschwindigkeit $\frac{1}{2}(C - c)$, die der vorigen entgegengesetzt ist; eine von der anderen abgezogen bleibt die Geschwindigkeit c übrig, womit M nach dem Stoſse zurückspringt, m aber wirkt im Stoſse auf M so, daſs es die Geschwindigkeit von M, die zuvor C war, so vermindert, daſs sie nur $\frac{1}{2}$ Geschwindigkeit $= \frac{1}{2}(C + c)$ wird; und dies ist die Wirkung von m auf M. Eben so groſs ist nun die Gegenwirkung von M auf m, es erhält mithin ausser der Geschwindigkeit $\frac{1}{2}(C - c)$, die es ohne Wirkung der Elasticität hatte, noch die $\frac{1}{2}(C + c)$, seine Geschwindigkeit ist also zusammen $= C$.

c) Stöſst ein elastischer Körper an einen anderen gleich elastischen aber ruhenden Körper, so springt er mit seiner ganzen Geschwindigkeit zurück; war der ruhende Körper beweglich und von gleicher Masse, so bekommt er die ganze Geschwindigkeit des stoſsenden und dieser ruht; C wird in diesem Falle $= 0$ werden, und c zu dem Werthe von C erhoben. Ist hingegen der ruhende bewegliche Körper rücksichtlich der Masse mit dem stoſsenden ungleich, so ist die neue Geschwindigkeit des anstoſsenden zur vorigen wie die Differenz der Massen zu ihrer Summe, und die Geschwindigkeit des angestoſsenen, wie die doppelte Masse des anstoſsenden zu beiden Massen. Gesetzt m sei kleiner als M, ruhe und werde von m gestoſsen, so erhält die Bewegungsgröſse die M an m abgiebt, in m eine stärkere Geschwindigkeit, als sie in M hatte. Denn da der eine Factor, die Masse in m zu dem die Bewegungsgröſse von M übergeht kleiner ist, als der Factor des Körpers von welchem sie angelangte, so muſs der andere Factor, die Geschwindigkeit um so gröſser werden; daher bewegt sich eine kleinere von einer gröſseren gestoſsene Masse, vor dieser um so schneller voraus, je gröſser die Differenz bei-

der Massen ist. Ein merkwürdiges hieher gehörendes Beispiel führt HUYGENS (in dessen opp. posth. in seinem Werke de motu corporum ex percussione) an. Von zwei elastischen Körpern, deren Massen sich wie 2:1 verhalten, ruhe der kleinere, und werde von dem gröfseren mit einer Gesckwindigkeit = 1 gestofsen; so folgt aus dem obigen, dafs der kleinere mit einer Geschwindigkeit von $^4/_3$ fortgehen wird. Berührte nun der kleinere wieder einen anderen, der zu ihm dieselben Verhältnisse hätte, welche er selbst zum gröfseren Körper hat, so würde dieser dritte bei obigem Stofse eine Geschwindigkeit = $(^4/_3)^2 = {}^{16}/_9$ erhalten. Wenn mithin in einer Reihe aneinander liegender elastisser Körper, deren Massen in einer geometrischen Progression fortgehen, im gegenwärtigen Falle also sich wie 1:2:4:8. . verhielten, der gröfste an den zunächst kleineren mit einer Geschwindigkeit = 1 anstiefse, so würde, wenn der Körper hundert wären, der kleinste und letzte mit einer Geschwindigkeit = $^4/_3{}^{99}$ fortfliegen. Nach KAESTNERS Berechnung (Analyt. Mechanik. 2te Aufl. 1793. S. 527.) fällt diese Zahl zwischen 2338400000000 und 2338500000000. Die erste Kugel brauchte nur mit einer Geschwindigkeit von einem Fufse in einer Secunde, gegen die zweite zu stofsen, um die letzte mit einer Geschwindigkeit von mehreren Millionen Meilen in einer Secunde fortzuschnellen, mithin würden diese den Weg von der Erde bis zur Sonne (wozu das Licht 8 Minuten braucht vergl. §. 34. N. 9.) innerhalb zwei Secunden fünfmal hin und her machen können. — Bei einer Reihe an einander liegender elastischer Körper, mufs jeder zwischen liegende, zugleich als gestossen und stofsend angesehen werden, welches sich an den elfenbeinernen Kugeln, die überhaupt zur Bestätigung dieser Gesetze durch Versuche dienen, sehr deutlich wahrnehmen läfst.

d) Bewegen sich zwei elastische Körper nach einerlei Richtung, aber mit verschiedener Geschwindigkeit, so dafs der eine den anderen einholt, so werden beide jeder nach dem Zusammenstofse einerlei Richtung behalten, aber mit verwechselten Geschwindigkeiten.

3) Da es in der Natur weder vollkommen elastische noch ganz unelastische Körper giebt, so lassen sich die Gesetze des Stosses, durch Versuche nie mit vollkommener Genauigkeit nachweisen. Gleiche Geschwindigkeiten giebt man hiebei den Körpern dadurch, dafs man sie von gleicher Höhe fallen läfst; ungleiche dadurch, dafs man die Fallhöhen ungleich macht. — Auch selbst die härtesten Körper sind noch immer mehr oder

weniger elastisch, und ändern daher ihre Gestalt beim Stofse; es läfst sich dieses an Kugeln nachweisen, die man auf eine mit Oel sehr dünn bestrichene Marmorplatte fallen läfst. — Mehrere auffallende Erscheinungen im gemeinen Leben, werden durch die Kenntnifs der Elasticität erläutert; z. B. der Nutzen eines elastischen Kissens unter einem Ambofs; weshalb jemand, dessen Leib mit einem grofsen Ambosse beschwert ist, wenig von den Hammerschlägen empfindet, die man auf dem Ambofs thut. — In der Taschenuhr ist es die Elasticität der durchs Aufziehen gespannten und zusammengedrückten, in dem sog. Federhause oder der Trommel enthaltenen Feder, welche das Räderwerk in Bewegung setzt, zu gleicher Zeit schwingt die Spiralfeder, gemäfs ihrer Elasticität in kleinen Bogen hin und her, und wird dadurch zum Zeitmesser — (kann die Spiralfeder ganz frei schwingen, so sind ihre Schwingungen tautochronisch vergl, §. 39. Bemerk. 2.), indem sie im Schwingen die Axe dreht, mit der sie verbunden ist, und welche ein kleines Schwungrad die sog. Unruhe trägt.

§. 44.

Stöfst ein elastischer Körper gegen eine feste unelastische Ebene, oder ein unelastischer Körper gegen eine elastische Ebene oder auch ein elastischer Körper gegen eine feste elastische Ebene, in senkrechter Richtung, so wird er (wenn kein Hindernifs eintritt) nach derselben Richtung mit der Geschwindigkeit abprallen, mit welcher er aufstiefs; stöfst er hingegen unter einem schiefen Richtungswinkel (Angulus directionis) auf die Ebene, so springt er mit derselben Geschwindigkeit, und unter demselben Winkel wieder zurück, unter welchem er aufstiefs.

Bemerk. 1) Nur im ersteren obigen Falle wirkt der stossende Körper mit seiner ganzen Bewegungsgröfse gegen die Ebene; beim schiefen Stofse hingegen, läfst sich die Bewegungsgröfse nach §. 41. N. 2. in die allein wirksame senkrechte und in die mit der gestossenen Ebene parallel laufende (dadurch) unwirksame Richtung zerlegen. So wie sich der Sinus totus zu dem Sinus des Richtungswinkels verhält, so verhält sich dann der ganze schiefe Stofs, zu jener allein wirksamen Richtung. Derselbe Fall wird gegeben sein, wenn ein senkrechter Stofs (z. B. eine fallende elfenbeinerne Kugel) gegen

eine krumme Fläche, z. B. auf eine parabolische, elliptische etc. gerichtet ist.

2) Gesetzt es stosse ein elastischer Körper A (Fig. 3) unter einem spitzen Winkel BAF, auf eine unbewegliche ebene Fläche FE mit einer Geschwindigkeit = BA, so läfst sich diese in die senkrechte BF und in die parallele BN = FA, mit welcher der Körper seine Bewegung längs AE fortsetzen würde zerlegen. Bei dem Appralle wird daher der Körper, während er die senkrechte Richtung zu verfolgen strebt, darin von der parallelen gehindert und so zu einer mittleren Richtung AC getrieben werden. Es ergiebt sich aber leicht, dafs das Dreieck ANB = AKC; mithin der Winkel CAE, unter welchem der Körper A von der Ebene abprallt (der Zurückprallungs- oder Reflexionswinkel (Angul. reflexionis) vollkommen gleich sein mufs, dem Winkel BAF (dem Einfallswinkel, Angul. incidentiae) unter welchem er einfiel (und ebenso der Winkel u dem Winkel v).

2) Das Perpendikel NA heifst das Einfallsloth, auch werden wohl die Winkel ANB (v) und ANC (u) mit den Benennungen Einfallswinkel und Reflexionswinkel belegt. Mittelst des Parallelogramms der Kräfte (§. 41. Bem. 2.) läfst sich beweisend darthun, dafs BA die Diagonale zweier Kräfte ist, von denen die eine, wenn sie für sich wirkte, den Körper in der Richtung BM, die andere, gleichfalls für sich wirkend, ihn in der Richtung BN = MA fortreiben würde; der Elasticität zufolge welche in A wirkt, wird aber BM = AN, während AK bleibt; mithin kann der Körper, in A angelangt, von hier aus nur in der Richtung AC (mit vollkommener Gleichheit von u und v.) abprallen. — Stofst der Körper A statt auf die ebene gegen eine gekrümmte Fläche (wie die punctirte Linie andeutet), so mufs man sich dort wo der Körper anschlägt, unter FE an dem Punkte M eine Berührungsebene denken, wo dann dasselbe Gesetz statt finden wird; BAM = CAK oder auch BAN = NAC, wenn AN auf FE senkrecht geht.

3) Gesetzt die ganze senkrechte Fläche BNCKAM wäre von horizontal übereinander geschichteten, durch eine eben so grofs senkrechte Gegenfläche (nebst nöthigen unteren und zu den Seiten wirkenden Begränzungsflächen) am Ausweichen verhinderten, sehr kleinen elastischen Kügelchen, dergestalt bedeckt, dafs z. B. bei sechs horizontal übereinander liegenden Kugelreihen, jede zu zwölf Kügelchen, sich je zwei Kügelchen unmittelbar berührten, so würde ein der in B befindlichen Kugel versetzter centraler Stofs, sich in der Diagonale BA bis zur

Kugel in A fortpflanzen, von hier in der Diagonale A C fortwirken und zuletzt die in C liegende Kugel treffen. Dasselbe wird der Fall sein, wenn die Fläche mit ausdehnsamer Flüssigkeit bedeckt ist, und jeder derselben von B aus in der Richtung B A ertheilte Druck, wird (vermöge der Ausdehnsamkeit) eine Wiederausdehnung in dem B zunächst liegenden Flüssigkeitstheilchen erzeugen, welche eintretend das nächste in der geradlinigen Richtung BA liegende Theilchen auf gleiche Weise zusammendrückt, wie es selbst zuvor gedrückt wurde; u. s. w. Auf diese Weise wird sich der erste in B ertheilte Impuls mit unverminderter Stärke bis zum Theilchen in A, und von hier (obigem Gesetze gemäſs) nach C fortpflanzen. Was vom Druck gilt, wird auch von jeder (bei der ausdehnsamen Flüssigkeit stets mit Wechsel von Zusammendruck und Wiederausdehnung verknüpften) Erschütterung des Theilchens in B (und der aller zwischen B und A, und A und C denkbaren Theilchen) gelten müssen, und es werden hier vorzüglich folgende Fälle möglicher Abänderung der Fortwirkung eintreten können:

a) Die Erschütterung des ausdehnsamen Mediums erfolgt von mehreren, in derselben horizontalen Ebene liegenden Punkten aus, in einander parallelen Richtungen; so wird sie dieselbe unter Beibehaltung des anfänglichen Parallelismus ins Unendliche fortpflanzen, wenn die ausdehnsame Flüssigkeit sich ins Unendliche erstreckt; d. h. (senkrecht gegenüber den ursprünglich erschütterten Punkten) unbegränzt ist. War hiebei die Flüssigkeit zuvor schon in eine von den Erschütterungsrichtungen abweichende Bewegung versetzt worden, die noch andauert, während sie der Erschütterung unterliegt, so wird dieses dennoch nichts in der Richtung jener Erschütterung ändern, sondern es werden sich vielmehr die abweichensten Erschütterungsrichtungen in ein und demselben denkbaren Flüssigkeitskügelchen kreuzen können, ohne sich zu stören; weil das Kügelchen in jedem denkbaren Punkte d. h. durchgängig ausdehnsam ist.

b) War im vorhergehenden Falle das Ausdehnsame dem Anheben der Erschütterung senkrecht gegenüber von einer ebenen Fläche begrenzt, so wird die Erschütterung, zu dieser Fläche angelangt, von derselben wieder rückwirken, zur Fläche des Erschütterungsausganges mit demselben Parallelismus, mit welcher sie zur Gegenfläche angelangte;

c) War hingegen jene Bewegungsfläche gekrümmt, so entscheidet die Art dieser Krümmung über das Wie und Wohin der Rückerschütterung; wir betrachten in dieser Hinsicht besonders zwei Fälle; den der erhaben gekrümmten (convexen) und den

der vertieft gekrümmten (concaven) Gestalt der Begrenzungsfläche:

α) von der convexen Fläche werden die daselbst zuvor parallel angelangten Erschütterungen so zurück wirken, dafs sie sich von den vorgängigen Einfallsschütterungs-Richtungen nach den Seiten, unter Winkeln fortpflanzen, welche nach Maafsgabe der Krümmung der Fläche, kleiner oder gröfser ausfallen; d. h. sie werden auseinander richtend (divergirend) zurückgehen;

β) die concave Fläche wird sie hingegen zueinander richtend (convergirend) zurückwirken machen, so dafs sie, von solcher zurückkehrend, sich von derselben in einem Punkte kreuzen, und nach der Kreuzung divergent fortpflanzen;

γ) Wurden im letzteren Falle die nach der Kreuzung divergent gewordenen Rückschütterungen, von einer zweiten concaven Fläche aufgefangen, so hebt diese, indem sie dieselben ebenfalls rückwirken macht, ihre nach der Kreuzung erlangte Divergenz wieder auf, indem sie ihre Richtungen wiederum zum ursprünglichen Parallelismus zurückführt;

δ) Gelangen hingegen die Rückschütterungen von der ersten concaven Fläche zur zweiten, bevor sie sich kreuzten, also annoch convergent, so gehen sie von der zweiten concaven Flächen mit vermehrter Zueinanderrichtung zurück, und kommen in einer kleineren Entfernung von derselben zur Kreuzung, als die Kreuzungsentfernung von der ersten hohlkrummen Fläche betragen haben würde; vorausgesetzt, dafs beide concave Flächen gleiche Hohlkrümmungen hatten.

d) Nur wenn die Erschütterungen von (wenigstens) zwei in derselben horizontalen Ebene liegenden Punkten senkrecht ausgehen, können sie sich in einander parallelen Richtungen fortpflanzen, lagen hingegen die Ausgangspunkte der von einem bewegten Körper veranlafsten Erschütterungen nicht in derselben horizontalen Ebene, so werden sie sich von dem Körper auseinander richtend verbreiten müssen. Dasselbe wird im noch höheren Grade der Fall sein, wenn, wie es wirklich ist, die dem Körper nächstliegenden Theilchen einer ausdehnsamen Flüssigkeit von der erschütternden Stelle nicht in einem Punkte sondern in allen die Stelle berührenden Punkten, und in dem einen Punkte nicht nach einer sondern nach allen (innerhalb der Flüssigkeit möglichen) Ausgangsrichtungen des erschütternden Körpers getroffen werden.

e) Im letzteren Falle wird die von dem bewegten Körper ausgehende Erschütterung geschwächt werden, im Verhältnifs des

Quadrats der Entfernung von dem Körper (oder der Verbreitung durch das Flüssige; vergl. §. 26. Bem. 6. 4). Denn denken wir uns einen hohlen lufterfüllten Kegel, in dessen Spitze die Erschütterung der enthaltenen Luft in der Richtung nach seiner Grundfläche hervorgebracht werde; so ist aus der Geometrie bekannt, dafs eine Basis des Kegels, die noch einmal so weit von seiner Spitze absteht, 4 mal mehr Flächenraum hat. Wird nun dieselbe Erschütterung, die gegen die vorige kleinere Grundfläche gerichtet war, gegen die 4 mal gröfsere fortgepflanzt, so wird jeder Punkt dieser letzteren nur den 4ten Theil von jener Bewegung erhalten, welche jedem Punkte der kleineren Basis zu Theil geworden war. Es wird also die entferntere Grundfläche 4 mal schwächer erschüttert werden, als die noch einmal so nahe.

4) Was die vorhergehende Bemerkung für die Fortpflanzung der Erschütterung innerhalb ausdehnsamer Flüfsigkeiten nur als möglich nachwiefs, zeigen die weiter unten zu erwähnenden Phänomene des Schalles als wirklich.

5) Denken wir uns in denen in Bemerk. 3. angenommenen Fällen statt der erschütterten ausdehnsamen Flüfsigkeit Strahlend-Wirksame (z. B. Licht und Wärme; §. 26. Bem. 3. u. §. 16. Bem. 6. u. f.), so werden sie nach denselben Gesetzen wirken, und sich im Allgemeinen verhalten ähnlich wie die elastischen Kugeln, wenn diese den oben Bem. 1.) dies. §. ausgesprocheneu Bedingungen unterworfen worden sind. Ueber die Anwendungen von diesen Gesetzen auf die Fortpflanzung und Rückwirkung des Schalles, des Lichtes und der Wärme, s. Cap. IX. X. u. XI.

6) Wie die Erschütterung und Strahlung ausser Schwächung durch Verbreitung, noch durch zwischen liegende nicht ausdehnsam flüssige und starre Materien vermindert und wie die Richtung der Strahlenden durch gegen und von den Seiten herwirkende körperliche Anziehungen änderungsfähig (brechbar, beugbar und theilbar) desgleichen, wie die »Strahlung des Lichtes« unter ähnlichen Umständen wesentlicher Umänderungen fähig ist (bei Erzeugung der Farben) späterhin a. a. O.

§. 45.

Die bisherigen Untersuchungen über den Stofs elastischer Körper, haben mehr dazu gedient die Gesetze zu entwickeln, nach welchen sie durch mitgetheilte Bewe-

gung ihren Ort verändern, als jene Veränderungen nachzuweisen, welche in ihnen durch die mitgetheilte Bewegung hervorgebracht werden, und die geprüft uns in den Stand setzen, dem Wesen der Elasticität (d. h. des Vermögens der Materien, die durch eine fremde Gewalt bewirkte Aenderung ihrer Raumerfüllung — bei Körpern: die Aenderung der Lage ihrer Theile — nach Wegnahme der Gewalt wiederaufzuheben und zu derjenigen Raumerfüllungsweise zurück zu führen, welche sie vor dem Einwirken der Gewalt befolgte oder hatte) selbst näher nachzuforschen. Wir unterscheiden nämlich vorzüglich zwei verschiedene Arten von Elasticität; ausdehnende oder expansive und zusammenziehende oder contractive. Die erstere finden wir hauptsächlich bei den Dämpfen und Luftarten; die leztere bei dem Tropfbarflüssigen, bei den Metallen und mehreren anderen festen Körpern entwickelt, und eine Vereinigung beider bei mehr oder weniger festen organischen Substanzen. Die erstere bezeichnet sich durch ein Vermögen, den durch von aussen kommenden Druck verminderten Raum, nach Wegnahme des Drucks wiederum einzunehmen, wir nennen es Ausdehnung oder Expansion; die letztere durch ein Vermögen, den durch äussere Gewalt vergröſserten Raum, nach Wegnahme dieser Gewalt wieder zu vermindern, und sich auf den vorigen kleineren Raum wieder zu begränzen; wir nennen es Zusammenziehung oder Cohäsion.

Bemerk. 1) Wirkliche alle Selbstbegrenzung aufhebende Expansion finden wir in den veränderlich und bleibend ausdehnsamen Gasen gegeben; vergl. §. 16. Bem. 2.

2) Die Erscheinungen dessen, was wir in den vorigen §§. mit den Ausdrücken Elasticität, Ausdehnsamkeit und Federhärte bezeichneten, nöthigen uns Behufs der Vorbereitung zu denen in der Folge vorkommenden Untersuchungen der Verhalten elastischer Materien, sowohl die mit jenen Ausdrücken verknüpften Begriffe näher zu bestimmen, als auch (so weit unsere bisherigen Untersuchungen es schon jetzt gestatten) jene Phänomene aus allgemeinen Ursachen ableitend, die Einsicht in deren Möglichkeit zu vermitteln.

a) Wir unterscheiden die Elasticität der Gase von jener der Tropfbaren und der Starren; erstere nennen wir Ausdehnsamkeit (§. 16. Bem. 1. §. 19. Bem. 4. §. 21. Bem. 1. §. 25. B. 4. a. §. 26. Bem. 4. b. u. c. §. 33. §. 38. Bem. 4. §. 40. B. 3. §. 41. B. 2.) letztere Federhärte (§. 16. B. 1. §. 43. §. 44.); erstere ist nur expansiv, letztere nach Art und Maafsgabe der sie zur Erscheinung bringenden Druck- oder Stofsgewalt, sowohl dehnend (expansiv) als zusammenziehend (contractil); jedoch das eine oder das andere im höheren oder niederen Grade, gemäfs der besonderen Beschaffenheiten der verschiedenen Materien. Als Beispiele der contractilen Federhärte dient das sog. Federharz (elastisches Harz, Kautshuc), das gewaltsam auseinander gezogen, nach Wegnahme der auseinander ziehenden Gewalt, wieder in seine vorige engere Grenze zusammenschnellt; ebenso: gebogene Degenklingen, gezogene Metallsaiten u. s. w. Fast nur expansiv ist die Federhärte der Gallerte und des aufgequollenen Pulvers (z. B. des steifen Kleisters) s. weiter unten Cap. III.; sehr wenig expansiv und ebenso wenig contractiv ist jene des Teiges (oder Teigigen) und Schleimes, s. a. a. O. und wenig expansiv die des Wassers und überhaupt der tropfbaren Flüfsigkeiten; s. Cap. II. u. III.

b) Versuche (deren ausführliche Erörterung Cap. XI. vorkommen wird) lehren, dafs alle Starren durch Erhitzung flüfsig werden, und dafs die meisten durch dasselbe Mittel in den Gaszustand versetzt werden können. Wir folgern daraus, dafs die Wärme, indem sie die bemerkten Zustandsänderungen hervorbringt, nach Art einer Kraft wirke; welche entgegengesetzt ist den Ziehkräften, die das ungleichwerthig ziehende Beisammensein im Starren (§. 16. Bem 1.) und das gleichwerthig ziehende Mitsammensein im Tropfbaren (a. a. O. B. 2.) erzeugen; und die Richtigkeit dieser Folgerung findet ihre Bestätigung in der allbekannten Erfahrung, dafs die Wärme die Materien ausdehnt (mithin die Ziehgewalten schwächt, welche das vormalige Enger-Begränztsein des durch Wärme Ausgedehnten hervorbrachte). Zugleich zeigen aber auch jene Versuche, dafs dieselbe Wärme, wenn sie die Materien in Gase verwandelt, nicht nur mit den Anziehungen die im Tropfbaren oder im Starren wirksam sind, ins Gleichgewicht tritt, sondern dafs sie jenseits dieses Gleichgewichts ohne Entgegnung wirkend, in den Materien beharrliche Ausdehnsamkeit zu Wege bringt, und dafs sie mithin zu betrachten ist, als Princip der Dehnbarkeit.

c) Gleiche Wirkungen von gleichen Ursachen ableitend, darf man vermuthen, dafs in Fällen wo durch andere Potenzen z. B. durch Licht, oder durch Elektricität, Dehnung von solchen Materien eintritt, welche der Einwirkung der erwähnten Potenzen ausgesetzt waren: letztere dehnen, indem sie in ersteren Wärme erzeugen; und da — wie die Folge zeigen wird — bleibend ausdehnsame Materien (Lüfte) häufig erzeugt werden, indem das Licht, oder die Elektricität (welche in jene die Lüfte entwickelnden Materien einwirkten) verschwinden, so bleibt vor der Hand die Vermuthung: dafs Licht und Elektricität Wärme entlassen, indem sie Gase erzeugend wirken.

d) Jene Gase aber, welche durch Elektricität (und durch Licht) erzeugt werden, unterscheiden sich von denen durch Wärme erzeugten unter andern vorzüglich dadurch, dafs sie bleibend sind (permanent), d. h. weder durch Zusammendruck, noch durch Erkalten ihre Ausdehnsamkeit verliehren (§. 16. Bem. 2), sondern derselben nur durch elektrisch-chemische oder chemisch-elektrische Gegenwirkung verlustig gehen. Eines der auffallendsten Beispiele letzterer Art liefert die (die Elektricität gutleitende und durch Berührung erregende) Kohle, welche (frisch-ausgeglüht) die meisten Gase einsaugt, und dieselben durch Erhitzung wieder entläfst; indem theils die schwach gezogenen Gastheilchen durch die von Aussen zugekommene Wärme stärkere Dehnung erleiden, als die die Wärme schlecht leitenden Kohletheilchen, theils (und vorzüglich), indem Kohle und Gas durch dieselbe Wärme gleichwerthig elektrisirt werden und dadurch zur gegenseitigen Abstofsung gelangen, gemäfs dem Cap. V. weiter zu erläuterndem Gesetze, dafs gleichwerthige Elektricitäten (und überhaupt gleichwerthige Potenzen; daher gleichwerthiger Magnetismus etc.) sich abstofsen (oder wenigstens nicht anziehen; wie dieses beim Chemismus der Fall ist), hingegen ungleichwerthige sich anziehen.

e) Am auffallendsten wird die Verschiedenheit der Art, wie die Wärme in den Lüften wirksam ist, von jenen wie sie in Tropfbaren und in Dämpfen Dehnung erzeugt, bei jenen Erscheinungen, wo Lüfte, indem sie sich wechselseitig durchdringen, ausdehnsam zu sein aufhören, während sie tropfbare und starre Gemische bilden. Die dabei entlassene Wärme ist z. B. bei der Vereinigung von 1 Pfund Wasserstoffgas und 7 ½ Pfund Sauerstoffgas zu 8 ½ Pfund Wasser so grofs, dafs sie 400 Pfd. Eis zu schmelzen vermag, wozu ausserdem 400 Pfd. heifses Wasser von 65° C erforderlich gewesen wären. — Von dieser grofsen Menge Wärme konnte den einzelnen unvereinigten Gasen auch

durch die kälteste Umgebung nichts entzogen werden; während z. B. der Wasserdampf von seiner Wärme in jeder kälteren Umgebung verliehrt und z. E. gänzlich Gas zu sein aufhört, wenn 1 Pfund desselben mit $5^2/_3$ Pfunden eiskaltem Wasser (von 0° C) vermischt, und daselbe dadurch in $6^2/_3$ Pfund siedendheifses Wasser (von 100° C) verwandelt wird (woraus hervorgeht, dafs 1 Pfund Wasserdampf 566 Grade Wärme enthält, und — da der Umfang des Wasserdampfes zu dem des tropfbaren Wassers sich verhält, wie 1728 zu eins, 1728 aber der Würfel von 12 ist, nämlich 12. 12. 12 = 1728 — dafs dieselben denkbaren Wassertheilchen, welche im Wassertropfen durch die tropfenbildende gleichartige Ziehung zum Raum des tropfbaren Wassers vereint sind, die Wirkung dieser Zuggewalt, bei der Umwandelung in Dampf verlieren, und dagegen eine Repulsion erlangen, welche sie [unbeschadet der Stetigkeit ihrer Substanz] auseinander treibt, d. i. im bemerkten Verhältnifs der Raumszunahme ausdehnt). Merkwürdig ist hiebei, dafs, wenn man das Verhältnifs der Wasserbestandtheile im Wasser mit Lavoisier gleich 85 Sauerstoff und 15 Wasserstoff setzt, dieses Verhältnifs nahe dasselbe ist, in welchem Wasserdampf und eiskaltes Wasser siedendheifses Wasser bilden; nämlich $^{85}/_{15} = 5^1/_3$. Wir werden hierauf im XI Cap. zurückkommen.

f) Beachten wir nun 1) dafs um 1 Pfund Eis von 0 C. zu schmelzen und in tropfbares Wasser von 0° C. zu verkehren 75° C. erforderlich sind, 2) dafs 1 Pfund tropfbares Wasser von 0° C., 566° C. heischst, um 1 Pfund Wasserdampf von 100° C. zu werden, und 3) dafs 1 Pfund Wasser, wenn es aus der nöthigen Menge Sauerstoffgas und Wasserstoffgas durch Verbrennen erzeugt wird, 400 . 75 = 30000° C. Wärme entläfst, so ergiebt sich, dafs die Wärmemengen sehr verschieden sind, welche in den Wasser-Lüften (Sauerstoff- und Wasserstoffgas) durch chemische Ziehung gewältigt, im Dampfe die Cohäsion überwältigt, und im Tropfbaren mit der starrmachenden Anziehung oder dem Krysallmagnetismus (§. 16. Bem. 6.) sich ins Gleichgewicht gestellt haben (ohne mit der noch übrig gebliebenen, Tropfenbildung bedingenden Cohäsion ein ähnliches Verhältnifs eingegangen zu sein), woraus wir zunächst folgern, dafs chemische Gegenziehung, starrmachende Gegenziehung und Tropfen bildende Anziehung nicht gleichwerthig, sondern von einander beträchtlich verschieden sind; §. 39. Bem. 2.

g) Erwägen wir aber ferner, dafs die Dampf erzeugende und Eis schmelzende Wärme durch kältere Umgebungen entziehbar ist, während die durch chemische Gegenziehung gewältigte Wärme den Wältigern (den einzelnen Stoffen) auch in der kältesten Umgebung verbleibt, und dafs die Chemischwirksamen nur dann

die von ihrer chemischen Ziehgewalt gewältigte Wärme (theilweise) entlafsen, wenn ihnen chemische Gegenziehungeu dargeboten werden (z. B. der chemisch ziehenden Substanz des Wasserstoffs die chemisch gegenziehende Substanz des Sanerstoffs), so folgern wir, dafs die Wärme, wenn sie durch chemische Ziehung gewältigt wird, Veränderung erleidet (indem sie nach Art chemisch gegenziehender Stoffe wirkt) dabei jedoch ihr Wältigungsvermögen in Bezug auf Cohäsion nicht einbüfst (indem sie die mit ihr chemisch verbundenen Materien ausdehnsam macht), und dafs sie dieselben Veränderungen schon erlitten hat, sofern sie in den Electricitäten enthalten ist; s. oben c, und erleidet, sofern das Licht (oben c.) Lüfte entstehen macht, indem es, wie die Folge zeigen wird, die Materien, welche dergleichen entwickeln, elektrisirt. — Schon aus diesen Bemerkungen wird klar, dafs Licht, Wärme und Electricitäten ihren Naturen nach verwandte (Gemein-) Wesen sein müsen, und schon hier dringt sich die späterhin zu würdigende Frage auf: ob es nicht ein und dasselbe Princip sei, welches ohne Einwirkung irgend einer Ziehkraft als Weifses Licht, unter beginnender Einwirkung ungleich grofser Ziehgewalten und unter mannichfacher Abänderung seiner Bewegung als verschiedenes farbiges Licht erscheint, unter vermehrter Einwirkung der Cohäsion äussernden und Widerstand leistenden Raumerfüller in strahlende, bei vermehrter Cohäsionswirkung in geleitete und bei einer Vergröfserung dieser Wirkung bis zum Gleichgewicht der Kräfte in gebundene Wärme des Dampfes übergehet, während sie im Tropfbaren von der Cohäsionsziehung überwältigt, aber mit der starrmachenden Ziehung nur im Gleichgewichte und mithin im Dampfe (und in der Luft) einfacher, im Tropfbaren hingegen durch zwei Zuggewalten, also mannichfacher gebunden sei? Ferner ob das zur Wärme veränderte Lichtprincip in dem Starren von der Cohärenz (der mittleren Wirkung, welche aus den einander relativ entgegengesetzten krystallmagnetischen Ziehbestimmungen entspringt, wenn diese die Erzeugung des Starren bereits zu Wege gebracht haben) überwältigt und gebunden sey, und hier um so mehr Federhärte zur möglichen Wirkung gelangen lafse, je weniger diese Wältigung vorgeschritten war, uud je mehr die starren Stoffe, zuvor schon als Chemischwirksame Wärme chemisch gebunden hatten? Und endlich, ob es dasselbe Lichtprincip sey, welches nach dem Uebergange zur Wärme, durch chemische Ziehungen zu Potenzen (den Electricitäten) verändert werden könne, welche indem sie chemisch gegenwirken, noch Dehn-

kraft genug besitzen, um in Vereinigung von chemischer Reaction und Cohäsion und Cohärenz wältigender Repulsion, nicht nur sich alle einzelnen Chemisch-Wirksamen unterzuordnen, sondern auch, gleich der Wärme und dem Lichte, der Gravitations- oder Schweregewalt der Weltkörper nicht zu unterliegen, solange sie noch Einzelnes vorfinden, gegen welches sie chemisch und zustandändernd zu wirken vermögen? (Hiernach würde chemisch gebundene Wärme mit ihrer Natur zwischen der Natur der Elektricitäten und der jener Wärme fallen, welche Tropfbare und Dämpfe erzeugt, und würde Electricität sowohl aus chemisch gebundener Wärme, wie auch aus denen durch Cohärenz und durch Cohäsion gewältigten Wärmen, desgleichen aus jener des Dampfes, so wie auch aus der strahlenden Wärme und dem Lichte hervorgehen können, und umgekehrt Wärme wie Licht zu entwickeln und zu erzeugen vermögen? Darüber weiter unten, Cap. V. VI. X. u. XI.)

h) Aus dem Vorhergehenden folgt, daſs unter keinerlei Umständen irgend eine Materie aller Wärme baar zu werden vermöge; denn auch bei der Entbindung der Wärme durch Mischung, wird nicht alle Wärme entbunden, die gebunden war (was nur der Fall sein könnte, wenn einander z. B. zwei Chemischwirksame gegenseitig so viel Gegenwirkung darböten, daſs die Mitwirkung eines jeden Dritten dadurch gänzlich ausgeschlossen würde; dies ist aber schon darum nicht der Fall, weil es kein Gemisch giebt, welches nicht wider Mischungstheil einer anderen, zusammengesetzten Mischung zu werden vermögte, gemäſs der durch seine Mischung nicht erschöpften Ziehgewalt seiner Bestandtheile; vergl. §. 28. Die Wasserbestandtheile kommen, wenn sie sich mischend zu Wasser einen, unter allen Stoffen einer solchen Erschöpfung am nächsten; das Wasser gehört aber auch zu den wenigst federharten Materien).

i) Am vollkommensten finden wir daher auch die Elasticität dort entwickelt, wo die gebundene Wärme in gröſster Menge zugegen ist, nämlich in den Gasen (Lüften und Dämpfen), und umgekehrt dort am unvollkommensten, wo neben wenig chemisch gebundener Wärme nicht so viel chemisch ungebundene, Cohäsion wältigende Wärme zugegen ist, daſs die denkbaren Theilchen der gewichtigen Substanz rücksichtlich der Kraftäusserung ihrer Wärme gleichwerthig und darum gegenseitig repulsiv wirken können, gemäſs des oben d) ausgesprochenen Gesetzes. — Fragt man übrigens warum z. B. Dämpfe stetig zusammenhängende Substanzen bleiben (s. e) oder warum die abstoſsende Kraft der Wärme nur dehnend wirke und nicht durch Auseinander-

treiben die Theilchen vereinzele? (was, wenn es geschähe, soviel sagen würde, als die schwere Materie in gesonderte, als solche unwahrnehmbare, Punkte zerstreuen) so dient einstweilen zur Antwort, dafs die Wärme die Wirkuug der Erdanziehung (Schwere oder Gravitation; s. Cap. I.) auf die gewichtigen Substanzen nicht aufhebt, in welcher Menge sie auch chemisch gebunden sei oder wie sehr sie auch anticohäsiv wirke, und dafs je zwey denkbare Theilchen; welche durch die Wärme wirklich aus- und voneinander getrieben würden, sich schon darum nicht absolut von einander trennen könnten, weil sie daran durch alle jene übrige Theilchen gehindert würden, welche gemäfs ähnlicher Repulsion so gegen jene Theilchen von Aussen her stiessen, dafs sie sie wieder nach innen, d. i. einander zutrieben; es würde daher selbst in diesem angenommenen Falle nicht zum Zerstreuen in (dann auch unschwere) Punkte oder in Daseiende von unendlicher Kleinheit kommen, weil die Wirkungen solcher nach überwältigter Cohäsion eintretender Abstofsungen sich überall und bei jeder Temperatur das Gleichgewicht halten müfsten.

k) Die vorstehenden Betrachtungen setzen uns nun auch in den Stand im Allgemeinen den Unterschied zu entwickeln, welcher zwischen Gasen, Tropfbaren und Srarren in Beziehung auf Ellasticität statt findet: alle drei sind elastisch vermöge gebundener Wärme; die Gase sind ausdehnsam gemäfs der Ueberwältigung ihrer Cohäsion durch Wärme, die Starren federhart, in Folge der Wältigung der Wärme durch ihre Cohärenz, die Tropfbaren sehr wenig federhart und nicht ausdehnsam weil in ihnen zwar die Cohärenz (fast) aufgehoben, die Cohäsion aber noch überwiegend wirksam ist, und weil jeder Druck oder Stofs, in Bezug auf ihren Bestand, nur vermehran kann, was jene Druckgewalt mitbewirken half, durch deren Gegebensein das ursprüngliche Product der gleichartigen Anziehung aller in der (tropfbaren) Substanz denkbaren Theilchen, der Tropfen selbst, zu Stande kam (§. 16. B. 2). Dieser Verschiebarkeit zufolge, wird ein bewegliches Theilchen (Tröpflein), welches durch äussere Gewalt aus seiner vorigen Lage gebracht worden, nach Wegnahme der Gewalt nur insoweit wieder in dieselbe gebracht werden, als gemäfs (etwa durch jene Verschiebung) bewirkter Ungleichheit des Drucks, seine Druckgewalt sich wieder mit jener der übrigen Theilchen ins Gleichgewicht setzt; hingegen wird es nicht zu jenen übrigen Theilchen mit so überwiegender Gewalt zurückgezogen werden, als dieses der Fall ist, bei der (nicht bis zur Trennung fortgesetzten) Verbiegung der Theilchen eines starren Körpers, z. B. einer gestofsenen Elfenbeinkugel; §. 45. Bem. 2. a.

l) Mehrere Physiker betrachten die Elasticität (Ausdehnsamkeit und Federhärte) als eine Eigenschaft die ebenso ursprünglich und allgemein zu nennen sei, als es die Theilbarkeit, Ausgedehntheit u. s. w. ist, und insofern es in der That keine wärmlose Materie giebt und geben kann, haben sie ohnstreitig in Ansehung jener der Elasticität zugeschriebenen Allgemeinheit Recht; was aber die Ursprünglichkeit der genannten Eigenschaft betrifft, so zeigen obige Bemerkungen, daſs diese nicht angenommen werden kann, sondern daſs die Elasticität stets als Folge des vereinten Wirkens von anziehender, raumerfüllender Materie und mit derselben in Wechselwirkung begriffener und vereinter Wärme zu betrachten ist.

m) Wilke bemerkte einst, gelegenheitlich bei der Betrachtung der gegenseitigen Abstoſsung zweier negativ elektrischen Körper: daſs, wenn es allein aufs Erklären ankäme, man nur annehmen dürfe: »es gebe zweierlei Materien: die gemeine und die elektrische; beide zögen einander an, während die Theile jeder einzelnen sich gegenseitig abstieſsen«, und in der That werden die nachfolgenden Untersuchungen des I. bis IX. Cap. zeigen, — mit dem einfachsten und allgemeinsten Anziehungsphänomen, mit der Schwere, und mit der Betrachtung dessen beginnend, was dieselbe zunächst zur Erscheinung bringt, dann durch die Untersuchungen des Magnetismus und der Elektricität uns den Weg bahnend zum Verständniſs der zusammengesetzteren und mannichfaltigeren chemischen und der am meisten zusammengesetzten und die gröſste Mannichfaltigkeit zeigenden organischen Erscheinungen lebender Einzelwesen (soweit diese zu richtigeren Würdigung der Gesetze der nur gegenwirkenden und gegenseitig abhängigen Natur; §. 1. Bem. 1—3 — beitragen) daſs Anziehung fehlt, wo (nicht Gleichartigkeit, sondern) Gleichheit der Substanz eintritt, und daſs sie hervorbricht, wo die Gleichheit verlohren geht; hingegen umgekehrt, daſs Abstoſsung im einzelnen Ganzen wie zwischen Mehreren zur Erscheinung gelangt, wo Ungleichartigkeit zur Gleichartigkeit, und Ungleichheit im Wirken, zur Gleichheit in der Wirksamkeit gebracht wird.

n) Die Phänomene der Elasticität lehren uns demnach, daſs wir es fortan bei Untersuchung dessen, was die Veränderungen der Naturwesen bedingt (§. 10.) vorzüglich mit zweierlei Wirkungsweisen zu thun haben: mit begrenzenden (anziehenden und beengenden) und mit Begrenzung (Anziehung und Beengung) aufhebenden (entstrahlenden, dehnenden und weitenden). Sind wir späterhin zunächst zur Kenntniſs derjenigen Gesetze gelangt, welchen beide Thätigkeitsweisen unterliegen, so fern

sie in den Materien, innerhalb gemeinschaftlicher Räume, zur Wechselwirkung gelangen, so wird es Zeit sein, die Frage zu beantworten nach jenen, (Cep. X. und XI) welche die unbegrenzten strahlenden Potenzen: Licht und Wärme befolgen, sofern sie (ungewältigt von den gewichtigen Stoffen und deren Zusammensetzungen) untereinander und auf die raumerfüllenden Substanzen ein- und hindurch wirken.

3) Die gebundene Wärme, die in den Materien als Elasticitätsprincip wirkt, sie ist es nun auch, die in Verbindung mit den Ziehgewalten der Gewichtigen die Phänomene jener Rückwirkung der Starren und Ausdehnsamen hervorbringt, welche dieselbe in den Phänomenen des Stofses (und zum Theil auch des Drucks) zeigten (§. 41. f.). Dafs aber auch die Tropfbaren einer ähnlichen Rückwirkung fähig sind, und dafs es überhaupt keine gewichtige Materie giebt, welche erschüttert, den Eindruck der Erschütterung nicht durch eine bedingte Rückwirkung fortzupflanzen vermöge; zeigen am auffallendsten die Phänomene klingender und fallender Körper, und Klang und Hall fortpflanzender Medien, die zusammengenommen die Hauptgegenstände der Phänomene des Schalles bilden, deren ausführliche Betrachtung (Cap. IX.) denen des Lichtes und der Wärme um so mehr unmittelbar voranzugehen bestimmt ist, als in den schallenden Materien das Elasticitätsprincip gleichsam geweckt und daran wahrnehmbar wird, wie es sich verhält, wenn es annoch an die ziehende Substanz gebunden der Bewegung unterworfen wird, dieselbe nur fortpflanzend (sie erleidend) ohne sie, wie dieses bei der freien Wärme und dem Lichte der Fall ist, selbst zu erregen.

§. 46.

Jene Veränderung die in den elastischen Körpern während der mitgetheilten Bewegung vorgeht, besteht in einem (oft durch Gesicht und Gefühl unterscheidbaren) Hin- und Herbewegen, welches schnell abwechselnd von Zusammenziehungen (Verkürzungen) und Ausdehnungen (Weitungen) begleitet ist, die sich bis zum Ohre fortpflanzend, hier die Vorstellung des Schalles (Sonus) begründen, und das Schwingen, Zittern oder Oscilliren (Vibratio, Oscillatio vergl. §. 34. N. 8.) genannt werden.

Bemerk. 1) Die Untersuchung der einzelnen Bedingungen zur Entstehung, Fortpflanzung, Veränderung, Aufhebung und Wirkung des Schalles, wird weiterhin abgehandelt werden; hier

genügt uns einstweilen die Angabe der allgemeinsten Bedingung: die der Elasticität, und die allgemeine Begriffsbestimmung der Schwingungsbewegung. Alle Ausdehnsamen sind zur Fortpflanzung des Schalles vorzüglich geschickt; die Tropfbaren minder vollkommen, die Starren hingegen am vollkommensten, da sie ihn weniger durch Verbreitung nach den Seiten schwächen, als dieses bei den Ausdehnsamen der Fall ist, und da sie zugleich die eigentlichen Erreger des Schalles sind.

2) Man kann die schwingende Bewegung eines schallenden Körpers in gewisser Hinsicht mit den Pendelschwingungen vergleichen (vergl. §. 37. N. 6.), welche z. B. unter anderen statt finden, wenn ein durch einen Faden am Fallen gehinderter schwerer Körper in Bewegung gesetzt wird, nachdem derselbe am entgegengesetzten Ende des Fadens irgendwo befestigt worden war. So, wie dieses Pendel (durch Reibung und) durch Widerstand des Mediums worin es schwingt, endlich zur Ruhe kommt, so hört auch die Bewegung schallender Körper nach und nach auf, nachdem sie zuvor durch Widerstand geschwächt und durch weitere Verbreitung vermindert worden ist. (Vergl. §. 44. Bem. 4. e. und Biot's und Benzenberg's Schallversuche; Gilbert's Ann. XXYVII. 221. u. ff.).

3) Gemäfs §. 45. Bem. 2. b. werden Ausdehnsamflüssige und Tropfbare die Erschütterung (Bebung) langsamer und mit schnell wachsender Bewegungsverminderung fortpflanzen, als starre Materien; weil die sich gegeneinander stemmenden Theile der letzteren, vermöge ihres ungleichen Gegenzugs und daraus entspringenden Zusammenhalts, weniger zu den Seiten ausweichen, als dieses bei den leicht verschiebbaren denkbaren Theilchen der Flüssigkeiten der Fall ist. Aus demselben Grunde wird auch die ursprüngliche Richtung der den Starren mitgetheilten Erschütterung mehr beibehalten werden, als bei den Flüssigen, wo vermöge der nach allen Seiten gleichen Ein- und Rückwirkung, die Bebung sich nach allen Seiten verbreiten mufs, und nur dann wird dieser Verbreitung einigermaafsen Grenzen gesetzt werden, wenn die Flüssigen in Röhren eingeschlossen wurden. Auch wird im letzteren Falle eine Verstärkung der Erschütterung in der Richtung der Axe der Röhre möglich werde, wenn die Röhre so gestaltet ist, dafs die von den Innenwänden derselben zurückgeworfenen (rückgängig gemachten) Erschütterungen convergirend in weiter Ferne ausserhalb der Röhre die Axe schneiden.

4) Die Erschütterung mufs übrigens um so stärker ausfallen, 2) je gröfser sie ursprünglich war, d. h. je gröfser der Massen Theil

war, der ursprünglich durch dieselbe bewegt wurde; denn um so gröſser werden auch die einzelnen Theile des Zu-Erschütternden sein, welche durch ersteren auf einmal in Bewegung gesetzt wurden; 3) je dichter das Zu-Bewegende (Schallfortpflanzende) Flüssige war; weil die dichtere Materie in gleichen Räumen mehr Masse hat als die dünnere, und mithin, einmal bewegt, auch heftigere (gröſsere) Bewegung im nachfolgenden Flüssigen erzeugen muſs. Auch bei den Starren würde letztere Verstärkung ähnlichen Erfolg haben, wenn hier nicht häufig mit gröſserer Dichte auch gröſsere Weichheit und Dehnbarkeit d. i. Verschiebbarkeit verbunden wäre, die, indem sie die Erschütterung verbreitet, ihre Wirkung schwächt; z. B. beim Golde, etc.

5) Je dünner daher das Medium ist, innerhalb welchem die Erschütterung bewirkt wurde, um so weniger hörbar pflanzt sie dieselbe fort. Daher wird die Schallfortpflanzung in verdünnter Luft unmerklich, und darum findet sie durch leere Räume gar nicht statt, während strahlende und expansivflüssige Potenzen (Licht, Wärme und Elektricität) sich durch die Leere fortpflanzen und darin verbreiten.

6) Die Schallerschütterung selbst besteht nicht sowohl in einem Erzittern der denkbar kleinsten Theile (wie man sonst meinte) sondern in zum Theil sehr verschiedenartigen Bewegungen, welche aber alle darin überein kommen, daſs sie einen Wechsel von Zusammendrückung oder Zusammenziehung und Wiederausdehnung darstellen. Je nachdem die Richtungen verschieden sind, in denen solche wechselnde Bewegungs-Aenderungen im Raumerfüllen statt haben, ist es für unser Ohr auch der Eindruck, den diese Bewegungen machen, wenn sie in demselben bis zum Hörnerven fortgepflanzt werden, und die abweichende Empfindung bestätigt hier, was ausser dem Ohre, durch Verschiedenheit in der Bewegungsrichtung, als Art des Schalles (oder Art des Hallens) sich nachweisen läſst; vergl. IX.

7) Bevor wir aber die Frage aufwerfen nach dem, was die leiblichen Wesen auseinander treibt und die Unveränderlichkeit ihres Bestehens in jedem Augenblick in Anspruch nimmt, versuchen wir es zuvor dieses Bestehen selbst nach seinen allgemeinen und nach seinen besonderen Bestimmungen kennen zu lernen; zu den ersteren wird uns zunächst führen: die Betrachtung dessen, was den Bestand der Erde und der Weltkörper sichert, zu den letzteren die Würdigung der Gegenwirkungen der Einzelnen in und auf der Erde.

I. CAPITEL.

VON DER SCHWERE.

A) Vom Fall der Körper.

§. 47.

I. Versuch. Man lasse einen (festen) Körper von einer beliebigen Höhe frei und ungestört herabfallen; er wird in geradliniger Richtung nach Verlauf einer gewissen Zeit zur Erde gelangen. Dasselbe wird statt finden, wenn man den Körper in möglichst gerader Richtung in die Höhe wirft; er wird endlich einen Punct erreichen, wo er zu steigen aufhört, und sich dann auf die beschriebene Weise zur Erde begeben. Zugleich wird man bei sehr bedeutenden Fallhöhen beobachten, daſs der fallende Körper sich um so geschwinder bewegt, je mehr er sich der Erde nähert, daſs also seine Bewegung eine beschleunigte ist (vergl. §. 35. N. 3.), und daſs mithin das a. a. O. erwähnte Gesetz auf ihn angewendet werden könne.

Bemerk. 1) Um bei der so schnellen Bewegung fallender Körper, die Zeit genau und bei verschiedenen

Fallhöhen abmessen zu können, bedient man sich zu solchen Versuchen zweckmäfsiger einer Maschine, die ihrer Einrichtung zufolge die Schnelligkeit des Falles im Ganzen genommen um etwas vermindert, ohne jedoch das Verhältnifs der beschleunigten Bewegung in den nach einander folgenden Zeiträumen zu verändern. An einem Faden, der über ein am Umfange ausgekehltes senkrecht laufendes Rädchen gezogen ist (oder über zwei genau in einer Ebene laufende Rädchen), hängen zwei Gewichte A und B, das letztere kleinere stehe auf dem Boden am Ende einer senkrechten Scale; das gröfsere A hänge oben am Anfang dieser Scale, und beide Gewichte seien von unten durch einen eben so langen Faden verbunden (von welchem an der einen Seite so viel mit dem steigenden Gewichte hinauf als an dem oben an der anderen Seite mit dem fallenden hinabgeht), damit der erstere Faden nicht auf der Seite des sinkenden Gewichts das Gewicht vermehre. Läfst man das Gewicht B los, so sinkt A, indem B steigt. Die Bestimmung beider Gewichte zu fallen (ihre Schwere) heise g, die Differenz A—B heise m, so ist die Bewegungsgröfse des fallenden Gewichts m g, da B g, eine ihm gleiche Quantität in A g aufhebt. Hiemit hat es aber nicht nur sein eignes A, sondern auch B zu treiben. Die ganze zu treibende Masse A + B heifse M, und die Geschwindigkeit der Bewegung sei x, so mufs $Mx = mg$, mithin $x = \frac{mg}{M}$ werden, indem $M : m = g : x$; d.h. so viel kleiner die eigentliche bewegende Masse m ist, gegen die ganze bewegte M, so viel kleiner wird die Geschwindigkeit x, mit der das ganze M (steigend und fallend) bewegt wird gegen das g, mit der das m fallen würde, wenn es sich allein zu treiben hätte. Vergl. HILDEBRANDT a. a. O. S. 92. u. s. f. Zweckmäfsig benutzt man hiezu ATWOOD's Fallmaschine; vergl. GILBERTS Ann. 1803. St. 5. S. 1. u. s. f. oder XIV. 1. (Ueber ein leichtbewegliches Rad läuft eine Schnur mit Gegen-

gewichten. Die Fallräume werden durch Liegenbleiben der Gewichte bei beliebigen Tiefen angegeben, und die Zeiten mittelst eines kleinen schwingenden Pendels gemessen. Da der fallende Körper bei dieser Maschine eine gröſsere als seine eigene Masse zu bewegen hat, so fällt er weit langsamer und zwar mit einer ebensoviel mal kleineren Geschwindigkeit, als die Gröſse der zu bewegenden Masse seine eigene übertrifft.

2) Galilei entdeckte zuerst die Gesetze des freien Falles schwerer Körper, entwarf eine Theorie der Fallbewegung und suchte dieselbe durch Versuche mit dem (später vorkommenden) Falle auf der schiefen Ebene zu bestätigen. (Die Bewegung der Kronleuchter im Dome zu Pisa leiteten Galilei auf die Entdeckung, daſs das Fallen der Körper nicht eine gleichförmige, sondern eine gleichmäſsig beschleunigte Bewegung sei; im Jahr 1602 setzte er seine Entdeckung in seiner Antritsstreitschrift weiter auseinander; vgl. Gehler's und Fischers Wörterb.) Vergl. dessen Dialogus de motu locali. L. B. 1699. 4. — Riccioli (vergl. Almajestum novum II. c. 21. Prop. 4.) ein Schüler des Galilei, und Grimaldi lieſsen, um G.'s Theorie durch unmittelbare Versuche zu bestätigen, Kreidekugeln von 8 Unzen Gewicht, durch genau gemessene Höhen bei einem mittelst eines Pendels bestimmten genauen Zeitmaase fallen; das zeitmessende Pendel schwang binnen 1/6 Sekunde einmal hin und her, und die Höhen gab ein beträchtlich hoher Thurm. Ihren Versuchen zufolge kamen auf folgende Pendelschwingungen untenstehende Fallräume:

6.	12.	18.	24	Pendelschwingungen
15.	60.	144.	255	römische Fuſsräume

welches genau das Verhältniſs der mittleren Geschwindigkeiten gleich der Folge der ungeraden Zahlen 1. 3. 5. 7. und die Summe der Räume, gleich der Quadratzahl der verbrauchten Zeit giebt (§. 50. Anm. 4.), indeſs doch insofern fehlerhaft befunden wurde, als die bei diesen

Versuchen wirklich stattgehabten Abänderungen der Fallzeiten und Fallräume durch den Widerstand der Luft etc., wiederum ausgeglichen worden waren durch die fehlerhafte Messung der einzelnen Theile der Fallzeit. Vgl. Fischer's Geschichte d. Physik I. 44. 270. Genauere und darum mehr genügende Versuche haben darauf Hook in London, späterhin Guglielmini in Bologna (vergl. de diurno terrae motu experimentis confirmato. Brem. 1792. 8.) und Benzenberg in Hamburg (vergl. dessen Nachricht von Versuchen, welche im Hamburger St. Michaelsthurme über den Fall der Körper, zum Beweise der Axendrehung der Erde, im Grofsen angestellt wurden, in Gilbert's Annal. Jahrg. 1802. St. VI. ferner XI B. II St. S. 169. und Forts. St. IV. S. 470. u. s. f. dessen Versuche über die Umdrehung der Erde. Dortmund 1804. 8.) im Michaelisthurme daselbst angestellt. Da Erschütterungen um so eher eine (beim Ablösen der Kugeln von ihren dünnen Fäden ohnehin kaum vermeidbare) Seitenbewegung der fallenden Kugel veranlafsen, je höher der Ort ist, von dem die Kugel frei fallend entlassen wird, und da ausserdem in dem 402 paris. Fufs hohen Michaelisthurme oberhalb der Luftzug der Kuppel leicht hätte Störungen veranlassen können, so liefs Benzenberg die 31 Kugeln, mit denen er hiebei experimentirte, nur von einer Höhe = 235 Fufs herabfallen. 21 dieser Kugeln wichen, herabgekommen, von der senkrechten Falllinie nach Osten hin im Mittel 4 Linien ab (gemäfs der gröfseren Geschwindigkeit, welche sie bereits beim Anheben des Falls in der östlichen Richtung, zufolge der Umdrehung der Erde um ihre Axe, in der Richtung von Westen nach Osten, hatten), 2 fielen auf die durch den Senkpunkt gehende Mittagslinie, und wichen mithin weder östlich noch westlich ab; 3 hingegen westwärts, und nach Norden und Süden gleich viele. Aehnliche Versuche stellte man auch im Jahr 1804 in einem Kohlenschachte bei Schleebusch in der Grafschaft Mark an, wo die Kugeln 235 Fufs tief fie-

len und der Berechnung gemäfs eine östliche Abweichung = $4^{6}/_{10}$ Linien haben sollten, dieselbe aber im Mittel = 5 Linien zeigten, was den störenden Einflüssen im Schachte zuzuschreiben ist. — Geringen Einfluſs auf die Abweichung von der senkrechten Linie kann bei dergleichen Versuchen, auch die Anziehung der Thurm- etc. Masse, aus der Ferne von der Seite her ausüben, wenn die Fallhöhen sehr beträchtlich sind. Auch Newton stellte hieher gehörige Versuche an, mit Bleikugeln von 1 ½ Zoll Durchmesser und fand gleich Hook, der nur mit Fallhöhen von 30 engl. Fuſs experimentirte, daſs die Falllinien von der senkrechten Richtung östlich abweichen. — Ausserdem vergl. man noch über die Entdeckung u. Erforschung der Schwere §. 11. N. 4.; desgleichen meine Grundzüge der Physik und Chemie. 2tes Capitel. (Bonn 1820. 8.)

§. 48.

Als Ursache des Falles der Körper, und der dabei stattfindenden gleichmäſsig beschleunigten Bewegung, nimmt man seit Galilei eine vom Mittelpunkte der Erde aus stetig wirksame Anziehungskraft an, welche man die Schwere (Gravitas) nennt; auch bezeichnet man das Phänomen selbst: als das Bestimmtwerden unterstützter Körper (die als solche auf ihre Unterlage drücken) nach Wegnahme dieser Unterlage zu fallen oder sich zu senken, d. h. sich in einer geraden, der Erde zu führenden Linie von selber zu bewegen; vergl. §. 11. Bem. 4. u. ff.

Bemerk. 1) Jede in der Richtung des freien Falles gegebene Linie, nennt man loth- oder senkrecht oder vertical (Linea verticalis); sie macht mit der Oberfläche stillstehenden Wassers und mit jeder in der Ebene des scheinbaren Horizonts liegenden Erdfläche, oder überhaupt mit jeder wasserrechten oder Horizontalebene (Planum horizontale) einen rechten Winkel. Ist

aber die Richtung des Falles senkrecht, und steht auf der Oberfläche einer Kugel nur dann eine Linie senkrecht, wenn sie durch den Mittelpunkt derselben geht, so müfste auch, falls die Erde eine Kugel (und mithin die Ebene des scheinbaren Halbmessers ihre Plantangente) wäre, die Richtung fallender Körper, in der Richtung des Halbmessers der Erde, oder die Richtungslinie derselben verlängert gegen den Mittelpunkt der Erde gehen. (Auf grofsen ruhigen Gewässern, auf den Meeren etc. ist die Richtung der Schwere überall senkrecht, und da die Meeres-Oberfläche, als wahre Oberfläche der Erde, kuglig ist, so geht die Richtung der Schwere, von der Meeresfläche ab, überall senkrecht nach dem Mittelpunkt der Erde.) Da aber die Erde keine vollkommene Kugel, sondern ein Sphäroid ist, so gehen zwar nicht alle Richtungen der Schwere durch den Mittelpunkt (sondern an jedem Orte in der Richtung der Normallinie oder des Halbmessers der Krümmung) können indefs ohne sonderlichen Fehler in der Praxis so angesehen werden, als wenn die Erde kugelrund wäre. Eben so kann man auch (wegen der grofsen Entfernung der Oberfläche von dem Mittelpunkte der Erde) die Richtungslinien der Schwere benachbarter (etwa 30 bis 50 Fufs von einander entfernter) Körper als parallel laufend betrachten, ohnerachtet sie stets mehr oder weniger convergirend sind. (Vergleicht man jene Ferne von 50 Fufs mit jener des Erdmittelpunkts = 860, so wird sie höchst wenig bedeutend; daher der bei solchen Fallabständen angenommene Parallelismus).

2) Neuton drückte zuerst das Gesetz der Schwere in seiner gröfsten Allgemeinheit dadurch aus, dafs er jenes Bestreben irdischer Körper nicht blofs als gegen den Erdmittelpunkt wirkend, sondern als in allem Körperlichen gegenseitig stattfindend nachwiefs. Alle Körper sind gegen einander schwer, d. h. ziehen sich wechselseitig an; Vergl. J. Neutons principia philosophiae naturalis. Amstelod. 1714. 4. L. III. Prop. IV. seqq. pag. 313. Bewiesen wurde dieses Ge-

setz auf dem Wege des Experiments durch jene genaue Beobachtungen, denen zufolge Berge das Bleiloth von der Richtung der Schwere ablenken und es nach sich ziehen; auf gleiche Weise, wie grofse Bleikugeln kleine, an sehr beweglichen Windewagen hängende Körperchen, durch Fernenanziehung zum Schwingen bringen; GILBERT's Ann. II. I. ff. Ueber die Annahme von Imponderabilien vergl. §. 24. N. 2. und §. 26. N. 4. §. 41. B. 2. §. 44. B. 3. und 4., und §. 45.

3) Die Schwere mufs mit einer gewissen Stärke in denen ihr Folge leistenden Wesen zur Wirkung gelangen; Erfahrung lehrte uns bisher, dafs diese Stärke zwar (aus später zu erläuternden Gründen) an verschiedenen Orten der Erde verschieden ist, aber nicht in Körpern von verschiedener Qualität; über das Verhältnifs der Dichtigkeit zur Schwere werden wir in der Folge mit Hülfe der Luftpumpe einige Versuche beibringen; über den Nichteinflufs der Qualität, weiter unten bei der Betrachtung des Pendels. Vergl. einstweilen §. 40. N. 4. — Die bestimmte Stärke der Schwere wird ebenso bestimmte Geschwindigkeit in der Bewegung fallender Körper zur Folge haben, und daher nimmt man rücksichtlich dieses Verhältnisses, bei bewegten schweren Körpern, die Ausdrücke Schwere und Geschwindigkeit für gleichbedeutend.

4) Bei jedem fallenden Körper, wird seine Bewegungsgröfse durch seine Masse und Geschwindigkeit bestimmt, und beide Factoren werden durch die Benennungen Gewicht und Schwere unterschieden. Ueber die Benennung Gewicht vergl. §. 23. N. 2.

6) DESCARTES, HUYGHENS, BÜLFINGER, KRATZENSTEIN und LE SAGE wollten die Schwere zum Theil von einer feinen schwermachenden Materie ableiten; eine Hypothese die nichts für sich aber alles gegen sich hat, wenn sie auch nur aufgefafst wird, als Mittel: zu versinnbilden, was in den schweren Körpern wirkt. Ueber NEWTON's Gravitationsgesetz vergl. §. 11. B. 4.

§. 49.

Der Stetigkeit zufolge, mit welcher (der Erfahrung gemäfs) die Schwere auf die Körper wirkt, müssen wir den freien Fall der Körper als eine gleichmäfsig beschleunigte Bewegung betrachten (vergl. §. 35. N. 3.), und zugestehen, dafs jeder fallende Körper, wenn er einen gewissen Raum von seinem ehemaligen Ruheorte an durchläuft, nach Verlauf einer gewissen Zeit eine Endgeschwindigkeit erlangt, die ihn, wenn die auf ihn wirkende Schwere zu wirken aufhörte, in der gleich grofsen Zeit durch den doppelt so grofsen Raum gleichförmig treiben würde. — Erfahrung hat gelehrt, dafs ein schwerer Körper beim freien Falle (in unseren Gegenden) in der ersten Zeitsecunde eine Höhe von 15,094662 pariser Fufs oder 2173,63 pariser Linien, oder 15,625 rheinländische Fufs durchläuft; und mittelst dieses Erfahrungsatzes in Verbindung der allgemeinen Gesetze gleichmäfsig beschleunigter Bewegung (vergl. §. 34. N. 10 und §. 35. N. 3.) läfst sich finden: a) wie grofs der Raum ist, den ein Körper in jeder gegebenen Secunde durchfällt; b) wie grofs die Höhe ist, von welcher er in zuvor bestimmter Fallzeit herabgefallen ist, und c) wieviel Zeit er dazu, bei zuvor angegebener Höhe, gebraucht hat.

Bemerk. 1) Jene Fallhöhe in der zur Zeiteinheit angenommenen ersten Zeitsecunde, bestimmte zuerst Huyghens (Horologium oscillatorium. Paris 1673. Fol. P. IV, pr. 26), jedoch nicht nach den §. 47. berührten Weisen, welche nie vollkommen genaue Bestimmungen zulassen, sondern mittelbar durch's Pendel (Vergl. §. 37. N. 5.).

2) Sofern die Richtungslinie fallender Körper auf die Erdkugel senkrecht steht, kann auch durch die Perpendi-

cularlinie die durch den Erdmittelpunct geht, der Raum gemessen werden, den ein schwerer Körper beim Falle durchläuft; und diese Perpendicularlinie nennt man auch die Höhe fallender Körper, die mithin der von diesen Körpern durchlaufene Raum ist. Hieraus folgt, daſs sich auch die Höhen fallender Körper verhalten, wie die Quadrate der Zeiten oder Geschwindigkeiten; vergl. §. 35. N. 3.

3) Wollten wir uns die Wirkungen der Schwere als Stöſse vorstellen, die untereinander gleich stark sind, so würden sich die Geschwindigkeiten fallender Körper wie die Menge der Stösse verhalten, welche die Körper durch die Schwere bekommen haben. Die Menge der Stösse kann sich abér nur wie die Zeiten verhalten, in welchen die Schwere gedachtermaasen gewirkt hat, mithin verhalten sich die Geschwindigkeiten fallender Körper wie die Zeiten in welchen die Körper gefallen sind; und mithin wird zufolge des obigen (N. 2. dieses §s.) Gesetzes, ein Körper der in der ersten Secunde durch eine gewisse Höhe fiel, in zwei Secunden viermal, in drei Secunden neunmal so tief u. s. f. fallen.

4) Die Endgeschwindigkeiten fallender Körper verhalten sich (vergl. §. 35. N. 3.) wie die Quadratwurzeln der Räume oder Höhen; hieraus folgt, daſs diejenigen Räume, welche fallende Körper mittelst der Endgeschwindigdigkeit in gegebener Zeiteinheit, ohne fernere Einwirkung der Schwere bloſs vermöge der Trägheit zurücklegen würden (welche auch die zur Fallhöhe gehörige Geschwindigkeit genannt wird, vgl. weiter oben), sich verhalten wie das Gedoppelte der Quadratwurzeln der Fallhöhen; und man findet daher die zur Fallhöhe gehörige Geschwindigkeit, wenn man das Duplum des von dem Körper in der ersten Zeiteinheit zurückgelegten Raums, mit der Zahl der sämmtlich verflossenen Zeiteinheiten multiplicirt. Fällt ein Körper z. B. in einer Secunde 15,625 Fuſs (vergl. oben), so ist die zu seiner Fallhöhe gehörige Geschwindigkeit

31,250 Fuſs; bei drei Secunden 3 . 31,250 = 93,750 Fuſs u. s. f.; woraus sich folgende Regel ergiebt, um die zur Fallhöhe gehörige Geschwindigkeit (vergl. oben) zu bestimmen. Man multiplicire die gegebene Höhe des Falles mit dem in der Zeiteinheit beschriebenen Raum, und aus dem Producte ziehe man die Quadratwurzel, welche doppelt genommen jene zur Fallhöhe gehörige Geschwindigkeit ist. Nennen wir die zur Fallhöhe gehörige Geschwindigkeit V, die Höhe S und nehmen wir eine Secunde zur Zeiteinheit an; so ist $V = 2\sqrt{(15{,}625 . S)} = 250 . \sqrt{S}$.

5) Theilen wir die ganze, während des ungehinderten Falles eines schweren Körpers verbrauchte Zeit, in gleich groſse Zeittheilchen, so erhält der fallende Körper im ersten dieser Zeittheilchen eine Geschwindigkeit, vermöge welcher er — gemäſs der Trägheit und nur durch dieselbe — in dem Zweiten Zeittheilchen gleichförmig einen noch einmal so groſsen Raum durchlaufen würde, als er schon bis zum Anheben dieses zweiten Zeittheilchens durchfallen ist (weil jener Fallraum, den er vom Anheben des Falles an ungehindert in einer gegebenen Zeit durchfällt; halb so groſs ist, als jener, welchen er in eben so groſser Zeit gleichförmig, nemlich mittelst der ihm gewordenen Endgeschwindigkeit durchlaufen würde; vergl. §. 34. Bem. 10 und §. 35. Bem. 3.); das gleiche Maaſs von Geschwindigkeit muſs mithin auch in jedem der folgenden, dem ersten an Gröſse gleichenden Zeittheilchen durch die Wirkung der Schwere (als andauernde und gleichmäſsig beschleunigende Kraft) erzeugt werden. Wir erhalten daher die Gröſse der andauernden, gleichförmig wirkenden Beschleunigung während des Falles überhaupt, wenn wir den bekannten Fallraum des ersten, bekannten Zeittheilchens doppelt nehmen, und ebenso erhalten wir denjenigen Fallraum, den der Körper im nächsten gleichgroſsen Zeittheilchen lediglich vermöge bereits erlangter Geschwindigkeit durchlaufen würde, oder

die Endgeschwindigkeit desselben, wenn wir den doppelt genommenen Fallraum des ersten Zeittheilchens, mit der Zahl der Zeittheilchen multipliciren, die während des ganzen Falles verflossen sind; wie zuvor (Bem. 4.) bereits gezeigt worden ist. Diesem gemäfs verhalten sich die Räume, welche während der einzelnen, gleichgrofsen Zeittheilchen, vom Beginnen des Fallens an, von dem Körper frei und ungestört durchfallen werden, zu einander wie 1, 1 + 2, 1 + 2 + 2, 1 + 2 + 2 + 2, 1 + 2 + 2 + 2 + 2, u. s. f.; d. h. wie die ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7, 9 u. s. f. Durchfällt mithin der Körper im ersten bekannten Zeittheilchen einen bekannten Raum, so mufs der des zweiten eben so grofsen Zeittheilchens der 3fache, der des dritten der 5fache, der des vierten der 7fache der des fünften der 9fache u. s. f. des ersten bekannten Fallraums des ersten Zeittheilchens sein. Zugleich geht hieraus hervor, dafs der Raum zweier Zeittheilchen der 4fache, dreier der 9fache, vierer der 16fache, fünfer der 25fache des ersten Raums ist, d. h. die Räume verhalten sich wie die Quadrate der Zeiten. Der Fallraum ist also nicht gleich der Zahl der gleichen Zeittheilchen, sondern er ist proportional den 2ten Potenzen dieser Zahlen. Multiplicirt man daher die Zahl der verbrauchten Zeittheilchen mit ihr selber und mit dem daraus erhaltenen Produkte den bekannten Fallraum des ersten bekannten Zeittheilchens, so erhält man den während des ganzen Falles durchlaufenen Raum in Zahlen ausgedrückt; Vergl. oben und §. 35. N. 3.

6) Bei der gleichmäfsig beschleunigten Bewegung verhalten sich daher die Räume, welche ein Körper in einzelnen gleichen Zeittheilchen durchfallt, wie die ungeraden aufeinander folgenden Zahlen:

Zeit.	1.	2.	3.	4.	5.
Raum.	1.	3.	5.	7.	9.

weil diese Zahlen die Differenzen der Quadrate 1, 4, 9 etc. sind, und sich die Räume dem obigen Gesetze zufolge, vom Anfange der Bewegung verhalten, wie die Quadrate der Zeiten:

Zeit.	1.	2.	3.	4.	5.
Raum.	1.	4.	9.	16.	25.

Zugleich folgt hieraus, dafs der Raum, durch den ein Körper in jeder neuen Secunde fällt, den Raum der vorhergehenden Secunde um das Doppelte dessen, was er in der ersten Secunde gefallen ist, übertrifft (vergl. oben) und mithin nehmen die Räume in jeder neuen Secunde um 31,350 Fufs Rheinl. zu; s. oben Bem. 4.

7) Bei bestimmten Versuchen bedient man sich für Zeit und Raumtheile eines bestimmten, gewöhnlich des Pariser Fufsmaases. Gesetzt der Fallraum der ersten Secunde, so wie der der sämmtlichen, während des ganzen Falls verstrichenen Secunden, sei in dem angegebenen Maafse ausgedrückt worden, so erhält man die durch den ganzen Fall erlangte Endgeschwindigkeit des gefallenen Körpers nach demselben Maafse ausgedrückt, wenn man das Product aus den Zahlenausdrücken des ersten und des ganzen bekannten Fallraums 4mal nimmt, und aus dem hiedurch gewonnenen Producte die Quadratwurzel zieht; s. oben. Bem. 4. Der Fallraum der ersten Secunde ist aber = 15,1 paris. Fufs (s. oben §. 49); multipliciren wir daher die Zahl sämmtlicher während des ganzen Falles verbrauchten Secunden mit 2 mal 15,1, so erhalten wir ebenfalls die Endgeschwindigkeit, und multipliciren wir das Quadrat der während des ganzen Falls verbrauchten Secundenzahl mit 15,1, so haben wir den ganzen Fallraum in Pariser Fufsmaafs; s. oben a. a. O.

8) Rücksichtlich des §. 35. N. 3. ausgesprochenen Gesetzes vergl. man noch: Galileo Galilei discorsi e demonstrazione matematice intorno a due nuove science attenenti alla mecanica ed i mouvimenti locali. L. B. 1638. 4.; ferner in dessen Opere. Firenze 1719. 4. II. p. 429 u. a. a. O. — Ferner Evangelista Torricelli (ein Schüler des Galilei) de motu gravium naturaliter descentium et projectorum. Florent. 1641. 4. Vgl. auch Gilbert's Ann. II. 1. ff. XIV 1. ff.

§. 50.

Da die Geschwindigkeiten fallender Körper während des Fallens unausgesetzt wachsen, und sich überhaupt (§. 34. N. 12. zufolge) bei gleichen Massen wie die Endgeschwindigkeiten oder wie die Quadratwurzeln der Höhen verhalten; so wird ein Körper, der z. B. neunmal so hoch herabfällt als ein anderer, dreimal so viel Gewalt gegen seine (werdende) Unterlage ausüben. Verhalten sich die Endgeschwindigkeiten bei zwei Körpern von verschiedener Höhe, umgekehrt wie die schweren Massen, so werden beide Körper gleiche Gewalt ausüben.

1) Ein Gewicht von 10 Pfund, das aus einer Höhe von 15 Fuſs fällt, wird eine noch einmal so geringe Gewalt ausüben, als ein gleiches Gewicht, welches aus einer Höhe von 15 . 4 = 60 Fuſs herabfällt. Hingegen wird ein Gewicht von 3 Pfund das aus einer Höhe von 15 Fuſs fällt, nicht mehr Gewalt ausüben, als ein Gewicht von 1 Pfund, welches aus einer Höhe von 15 . 9 = 135 Fuſs fällt.

2) Eine Bleikugel, die beim freien Falle von einer gewissen Höhe ein Brett durchschlägt, übt nicht mehr Gewalt aus, als ein Stück Unschlittkerze welches (mit gröſserer Geschwindigkeit) aus einer Flinte gegen das Brett geschossen wird. Eine Thonkugel die 9mal so hoch herabfällt als eine Bleikugel, ist dieser in ihrer Wirkung (fast) gleich; vergl. §. 34. Bem. 12 u. 13.

§. 51.

Auf gleiche Weise wie die Schwere die Bewegung frei fallender Körper beschleunigt, so wird sie auch entgegengesetzt die Geschwindigkeit eines lothrecht in die Höhe geworfenen Körpers vermindern, bis diese endlich = 0 wird; ist dieses erfolgt, so wird

der Körper wieder fallen, und dadurch dieselbe Geschwindigkeit erreichen, mit welcher er in die Höhe geworfen wurde. Ueberhaupt gelten bei der gleichmäſsig verminderten Bewegung dieselben Gesetze, die bei der gleichmäſsig beschleunigten statt finden, und ist daher der Raum bekannt, den der Körper während der ersten Secunde seines lothrechten Aufsteigens zurücklegt, so läſst sich hieraus in Verbindung mit jenen Gesetzen bestimmen; *a*) die Wurfsgeschwindigkeit; *b*) die Zeit, welche er nöthig hat, um seine ganze Wurfsgeschwindigkeit zu verlieren; und *c*) die Höhe, zu der er aufsteigt, bevor er seine ganze Geschwindigkeit verliert.

Bemerk. 1) Ein Körper steige in der ersten Secunde seines lothrechten Wurfs 9 . 15 = 135 Fuſs hoch, so wird er überhaupt 5 Secunden lang, und 5^2 . 15 = 375 Fuſs hoch steigen.

Denn in der 1sten Sec. steigt er	9mal	15 Fuſs	=	135	Fuſs.
2 - — - -	7 -	15 —	=	105	—
3 - — - -	5 -	15 —	=	75	—
4 - — - -	3 -	15 —	=	45	—
5 - — - -	1 -	15 —	=	15	—
mithin in 5 Secunden - -	25mal	15 Fuſs	=	375	Fuſs.

2) Daher läſst sich bei einem lothrecht in die Höhe geworfenen Körper, aus der Zeit seines Aussenbleibens, die Höhe zu der er gestiegen war, (den Luftwiderstand, so wie bei dem Falle bei Seite gesetzt) berechnen. Ist er n Secunden ausgeblieben, so ist die Höhe $= \frac{1}{4} n^2$ S. Vergl. §. 49. N. 6. — Mersennus und Moutier's Versuche Kanonenkugeln senkrecht in die Höhe zu schiessen. Ob ein von der Erde aus geworfener Körper sich ganz von ihr zu entfernen, und eine eigene Bahn zu beschreiben vermöge? Vergl. man v. Zach's monatl. Correspondenz d. E. u. H. K. B. VII. S. 153. u. s. f.

§. 52.

Wird ein Körper in einer schiefen Richtung A C (Fig. 4.) geworfen, so nöthigt ihn die Schwere, die in Richtungen auf ihn wirkt, welche fast senkrecht auf die horizontale Ebene A B gehen, von der geradlinigen Richtung A C abzuweichen, eine krumme Linie A D G zu beschreiben — worin sich die Abscissen verhalten wie die Quadrate der Ordinaten, und welche man (von Galilei zuerst näher untersucht) eine gemeine Parabel nennt (deren Scheitel in dem höchsten Punkte, für diesen Fall in D liegt) — und endlich bei B auf die horizontale Ebene zu fallen. Wird der Körper hingegen in einer horizontalen Richtung geworfen, z. B. D F der erwähnten Fig. 1. so wird er von der Schwere abgelenkt eine krumme Linie beschreiben, welche nur die Hälfte einer Parabel D A darstellt, deren Scheitel im ersten Wurfspunkte D liegt.

Bemerk. 1) Aus dem ersteren folgt klar, daſs sich ein geworfener Körper, auch nicht einen Augenblick hindurch in völlig geradliniger Richtung bewegen kann, sondern daſs er mehr oder minder von der geraden Linie seiner ursprünglichen Richtung abweichend, unmittelbar anfangen muſs, sich gegen die Erde zu neigen. Nur einige jedoch auch nicht vollkommene Ausnahmen kommen vor, wenn z. B. eine Kugel eine drehende Bewegung um ihre Axe bekommen hat, oder wenn ihre Gestalt etwas länglicht und gebogen ist, denn in diesen Fällen kann sie nicht nur seitwärts, sondern auch für eine kurze Zeit selbst aufwärts abweichen.

2) Die Entfernung A B in der obigen Fig. nennt man die Wurfsweite (amplitudo jactus); D E die Wurfhöhe der Bahn des geworfenen Körpers. Der Winkel C A B heiſst der Erhebungs- oder Elevationswinkel,

und die Zeit, in welcher der Wurf (Schuſs) die Bahn ADB vollendet, die Flugzeit.

3) Die Wurfweite, die Höhe der Bahn, der Elevationswinkel etc. haben ein gewisses bestimmtes Verhältniſs zu einander, so daſs, wenn zwei von ihnen bekannt sind, dadurch auch die übrigen leicht gefunden werden können. Ist das übrige gleich, so ist die gröſste Entfernung, bis zu welcher z. B ein Schuſs auf einer wagerechten Linie kann getrieben werden, dann gegeben, wenn (nach de la Marinière: Recherches sur les meilleurs effets, à obtenir de l'artillerie. 2 Vol. à Paris 1812. 8.) der Erhebungswinkel = 34° 35′ ist; vergl. auch v. Scharnhorst: Ueber die Wirkung des Feuergewehrs. Berlin 1812. gr. 8. Ein eigentlicher Kernschuſs ist, wegen der andauernden Wirkung der Schwere unmöglich.

4) Geworfene Körper würden vollkommene Parabeln beschreiben, wenn nicht gewisse Umstände Einfluſs auf sie hätten, welche mehr oder minder bedeutende Abweichungen von der wahren parabolischen Bahn zur Folge haben. Vorzüglich giebt es drei Ursachen, welche jene Bahn modificiren: a) weil die Schwere nicht in senkrecht auf den Horizont gehenden Richtungen wirkt; b) weil (wie in der Folge gezeigt wird) die Schwere nach Verhältniſs der Quadrate der Entfernungen vom Mittelpunct der Erde abnimmt (weshalb auch fallende Körper etwas mehr als gleichmäſsig beschleunigt werden); und vorzüglich c) wegen des Widerstandes der Luft; welcher nach Maaſsgabe ihrer Wärme, Dichtigkeit, wellenförmigen Bewegung u. s. w. sehr verschieden ist, und daher nie genau (bei Berechnungen) berücksichtigt werden kann, sondern zum Theil durch Erfahrung ausfündig gemacht werden muſs. Oefters beträgt dieser Widerstand 20—30 mal soviel als der Widerstand des Schusses, und die wagrechte Schuſsweite ist oft viel geringer als der zehnte Theil von dem, was sie, nach der parabolischen Theorie sein sollte. Bei einerlei Erhebungswinkel verhalten sich der

Erfahrung gemäfs, die wagerechten Wurfweiten zu einander, wie die Quadratwurzeln der anfänglichen Geschwindigkeiten und die Flugzeiten wie die Wurfweiten; da der Theorie zufolge, die Zeiten sich wie die Geschwindigkeiten und die Wurfweiten wie die Quadrate der anfänglichen Geschwindigkeiten verhalten sollten. Nach Robins ist wenig Vortheil zu erwarten, wenn man einen Körper mit gröfserer Geschwindigkeit, als die von 1200 Fufs in einer Secunde wirft. Wird eine Kugel von 24 Pfund in einer Secunde mit einer Geschwindigkeit von 2000 Fufs geworfen, so ist der Luftwiderstand so grofs, dafs wenn die Kugel ohngefähr bis 1500 Fufs vorgerückt ist, ihre Geschwindigkeit bis zu derjenigen von 1200 in einer Secunde reducirt wird. Weitere Berechnungen der Bahnen etc. gehören für die Artillerie, deren Grundlage die parabolische Theorie der Wurfbewegung ist.

B) Vom Schwerpuncte.

§. 53.

II. Versuch. Man unterstütze einen freien festen Körper oder einen (mit Bärlappsaamen bestäubten, und auf einer mit Fett bestrichenen Fläche ruhenden) Wassertropfen, so wird er in der Bestimmung der Schweranziehung gehindert vor dem Fallen gesichert sein; dieses wird aber auch statt finden, wenn die ganze Unterstützung nicht die ganze Unterfläche des festen Körpers, sondern nur einen gewissen Punct, den Schwerpunct oder Mittelpunct der Schwere (Centrum gravitatis) trifft, dessen Richtung man dadurch findet, dafs man den zu unterstützenden Körper auf der möglichst räumlich beschränkten Unterlage so lange hin und her bewegt, bis die entgegengesetzten Seiten des Körpers, einander im Gleichgewichte halten. Es kann sich dann der Körper auf keine Seite neigen, ohne die

entgegenstehende zu heben; und da diese im gleichen Verhältnisse steht, so heben ihre Wirkungen einander auf, und der Körper bleibt in Ruhe.

Bemerk. 1) Denkt man sich einen Körper nach jeder seiner drei Dimensionen durch eine Ebene in zwei Theile getheilt, welche einander im Gleichgewicht halten, so ist der Punkt in welchem die drei Theilungsebenen sich schneiden, der Schwerpunkt; es ist aber nicht nöthig, dafs der Körper unmittelbar in demselben unterstützt werde (welches öfters z. B. bei der Kugel, wo der Schwerpunkt zugleich der Mittelpunct ist, bei der Pyramide und bei dem Kegel, wo er in der Axe in der Entfernung von 3/4 derselben von der Spitze, bei dem senkrechten Cylinder, wo er in der Mitte seiner geometrischen Axe, bei dem senkrechten Parallelepipedon, wo er im Durchschnittspunkte seiner Diagonalen, so wie bei der Halbkugel, wo er 3/8 in der Höhe der senkrechten Linie, aus dem Mittelpuncte der Grundfläche gezogen liegt, unmöglich ist) sondern er ist schon vollkommen vor dem, blofs von der Schwere herrührenden Umfallen gesichert, wenn die mittlere Richtung aller schweren Theile des Körpers, oder die Directionslinie des Schwerpunctes nur innerhalb der Unterstützungsfläche liegt, und die ihn umgebenden Theile gehörig unterstützt sind. Jeder Körper steht in diesem Falle vielmehr sicherer, als wenn er blofs im Schwerpunct unterstützt ist; weil dann eine kleine Neigung des Körpers den Schwerpunkt aus der Richtung der Unterstützung herausbringt. Liegt aber die Verticallinie, vom Schwerpuncte gezogen ausserhalb der Unterstützung, so fällt der Körper nach der Seite hin, wo der Schwerpunct liegt; dem Gesetze zufolge: dafs der Schwerpunt eines aufgehängten beweglichen, oder sonst frei beweglichen Körpers, und mit ihm der (in seinen Theilen zusammenhängende) Körper selbst, immer so tief wie möglich herabsinkt, und deshalb unter allen Stellen des Körpers stets die niedrigste einnimmt, die er erhalten kann.

ohne vorher zu steigen. — Ein Tisch auf drei Füſsen steht fester als einer auf vieren, weil jene allemal in einerlei Ebene fallen, während dieses bei dem mit vieren nur der Fall ist, wenn die Füſse gleich lang sind, und der Boden völlig wagerecht ist.

2) Sehr dünne Scheiben kann man als schwere Ebenen betrachten (ohnerachtet es solche im geometrischen Sinne nicht geben kann), und daher von dem Schwerpuncte eines Dreiecks, eines Kreises, einer Ellipse etc. reden. Zieht man aus zwei Winkeln eines Dreiecks auf die Mitte der gegenüberstehenden Seitenlinien gerade Linien, so ist der Durchschnittspunkt dieser Linien der Schwerpunkt des Dreiecks (bei dem Kreise ist es der Mittelpunkt) und zieht man aus einem der Winkel des Dreiecks eine gerade Linie auf die Mitte der gegenüberstehenden Seitenlinie, so liegt der Schwerpunkt in dieser Linie um $^2/_3$ von dem Winkel entfernt, aus dem man die Linie zog. Bei dem Cylinder und bei dem geraden Prisma liegt der Schwerpunkt in der Mitte der Axe.

3) Bei allen festen Körpern liegt der Schwerpunkt so, daſs wenn alle auf der einen Seite liegenden denkbaren Theile, durch ihre Entfernungen davon multiplicirt werden, die Summe dieser Producte gleich ist, der Summe ähnlicher Producte der Theile und Entfernungen auf der anderen Seite desselben. Die Unterlage, welche den Schwerpunkt eines Körpers unterstützt, trägt daher das ganze Gewicht desselben. Ein fallender Balken übt einen gröſseren Druck gegen die werdende Unterlage aus, wenn er mit seiner Mitte, als wenn er mit einem der Enden aufstöſst.

4) Bei gleichartigen regelmäſsig gestalteten Körpern, ist die Bestimmung der Lage des Schwerpunctes nicht schwierig, und kann nach vorangegangener Messung durch Berechnung gefunden werden. Bei Körpern von ungleichartiger Beschaffenheit und unregelmäſsiger Gestalt hingegen, hält diese Art von Ausmittelung sehr schwer und wird oft unmöglich. In solchen Fällen

bleibt nur der Versuch selbst zur Ausfündigmachung übrig. Aendert sich bei einem Körper seine Masse, oder wird sie anders vertheilt, so ändert sich auch die Lage des Schwerpunctes. — Hierher gehört das chinesische Purzelmännchen.

5) Die Anwendung der Theorie des Schwerpunctes bietet Erklärungen für sehr viele natürliche Phänomene, Versuche und Vorfälle im gemeinen Leben dar. Hieher gehören *a*) der Mechanismus des Stehens, Gehens, der verschiedenen Beugungen der Menschen und der Thiere; das Vorrücken mit dem Oberleibe und Zurückziehen der Füfse beim Aufstehen, die Geschicklichkeit der Gemsen u. s. w. Vergl. Petrus Borellus de motu animalium. Hagae 1743. 4. I. c. 18—22. Desaguliers curse of experimentale philosophy. II. §. 44. *b*) die schiefe Stellung einiger Thürme zu Gellenhausen, Pisa und Bologna; vergl. Casatus mechanica. L. B. 1684. 4. I. c. 9. Das gelinde Schwanken hoher Thürme ohne umzufallen, z. B. die beiden Minarets vor der Moschee im Garten zu Schwetzingen, die Künste der Balanceurs und Aequilibristen, besonders der indischen Gaukler; vergl. Gehlers phys. Wörterb. Th. III. S. 933. Die Einrichtung und Wirkung eines Wegemessers oder Hodometers; vergl. Sigard de la Fond élémens de physique. Tom. II. §. 277; dessen Anweisnng zur Experimentalphysik. §. 122. a. Die Rolllampe des Cardanus. Vergl. a. l. a. §. 86. Der Schiffscompafs. Das Hinaufsteigen eines Cylinders auf einer schiefen Ebene. Vergl. Desaguliers a. a. O. II. §. 38: und A. G. Kästner im I. B. S. 113. der deutschen Schriften d. Königl. Soc. der Wiss. zu Göttingen. Das scheinbare Hinaufrollen eines doppelten Kegels, über zwei schiefe Flächen; vergl. G. W. Kraft in den comment. Petrop. T. VI. S. 389. Verschiedene Spielwerke z. B. Männchen von Kork oder Hollundermark mit Blei; kleine hölzerne Seiltänzer; der chinesische Purzelmann, welcher sich überschlagend, Stufen herabsteigt etc. vgl. Schwenter's mathematische Erquickstunden; B. I.

Th. 9. Aufgabe 5. 6. 7. — Je breiter übrigens die Grundfläche eines Körpers ist, um so fester steht er. c) die verschiedenen Stellungen beim Lastentragen, Tanzen, Springen etc. — Bei jedem Körper gleicher Dichte, fällt der Schwerpunkt (in diesem Falle Centrum massae) mit dem Mittelpunkte seiner Grölse (Centrum magnitudinis, figurae) zusammen.

C) Vom Hebel.

§. 54.

III. Versuch. Einen geraden unbiegsamen Stab (Stange oder Drath), unterstütze man so, dafs so viel wie möglich nur sein Schwerpunct eine Unterlage (Hypomochlium) erhält, ohne diese mit der Masse des Stabes selbst auf irgend eine Weise zu verbinden; so werden sich die beiden zur Seite des Schwerpunctes liegenden Enden des Stabes, dadurch dafs sie eine zusammenhängende feste Masse ausmachen, gegenseitig daran verhindern zu fallen, indem jedes Ende gegen das andere mit gleicher Energie hebend wirkt. Man nennt diese Vorrichtung einen (physischen) Hebel (Vectis), und das angegebene Verhältnifs der beiden Enden (Arme), das Gleichgewicht des Hebels; welches nur dann aufgehoben werden kann, wenn der eine Arm durch Vergröfserung seines Gewichts, den Schwerpunct des Stabes nach seiner Seite hingerückt erhält; wo er dann fällt, indem er den anderen zu steigen, d. i. der Richtung der Schwere sich entgegen zu bewegen, nöthigt.

Bemerk. 1) Denken wir uns statt des Stabes eine gerade unbiegsame Linie, ohne alle Schwere, AB Fig. 5. in irgend einem Puncte C unterstützt, und an beiden Enden A und B mit Gewichten P und Q beschwert.

so kann keines der Gewichte fallen, ohne das andere zu heben, und dieses würde erfolgen, wenn P (Kraft) oder Q (Last) vergröſsert werden. Man nennt diesen gedachten, zum Unterschiede des physischen mit schweren Armen versehenen, einen mathematischen oder einfachen Hebel (Vectis geometricus), und das Gleichgewicht desselben ist gegeben, wenn Kraft und Last (P und Q) sich gleichmäſsig bestimmen den Hebel um den Punkt C zu drehen, weil dann, wie beim physischen Hebel, ihre Wirkungen einander aufheben. Dieses gleiche Bestimmen beider Arme kann aber nur dann eintreten, wenn P = Q und CA = CB oder P. CA = Q. CB ist. Denn wäre z. B. der Arm CB länger als CA, so würde bei wirklich eintretender Drehung, auch die Geschwindigkeit des Arm's CB mit seinem Gewichte Q gröſser sein, als die von CA mit A; weil, wie leicht einzusehen ist, die Geschwindigkeiten der Gewichte P und Q sich wie die Bogen Aa und Bb, oder wie die Arme CA und CB verhalten, und im obigen Falle der längere Arm CB in derselben Zeit einen gröſseren Bogen als CA beschreibt. Die Wirkungen beider Arme werden daher nur einander gleich sein, wenn ihre Bewegungsgröſsen oder ihre statischen Momente d. s. die Producte ihrer Massen und Geschwindigkeiten einander gleich sind; sind die Längen der Arme ungleich, so müssen sich die Gewichte umgekehrt verhalten wie ihre Arme, und muſs P : Q = CB : CA sein, wenn das Gleichgewicht hergestellt werden soll.

2) Sofern der eine Arm nicht beweglich ist, ohne daſs der andere in entgegengesetzter Richtung zugleich bewegt werde, so wirkt das Bewegende in c dem Bewegenden in b als Kraft oder Last, und eben so das Bewegende in b dem in c entgegen. Der Hebel ist aber nur von seinem Trage- oder Bewegungspuncte (Centrum motus, actionis) C aus beweglich, und b kann, mithin indem es c zum Bewegen bestimmt, auch nur von C aus wirken, also indem es auf C bewegend (hebend) wirkt,

In C wirkt mithin sowohl b auf c als c auf b, und da das Hebelende b in gleicher Zeit einen fast doppelten Raum zu durchlaufen hat, als c, so mufs auch das Bewegende in c fast doppelt so viel leisten als das in b, wenn das Gleichgewicht eintreten soll. — Das ganze thätige Universum und jeder einzelne Organismus kann unter dem Schema unendlich vieler sich zum Gleichgewichte treibender, aber dadurch sich stets gegenseitig störender Hebel aufgefafst werden, wo den Erfahrungen die näheren Bestimmungen von P und Q im Verhältnifs zu C (dem Dasein, der Substanz) liefern müssen.

3) Diese beschriebene Art von Hebel nennt man den Doppelarmigen oder den Hebel der ersteren Art (vectis heterodromus, primae speciei). — Beispiele solcher physischen Hebel geben die gemeine Krämerwaage, die (den Chinesen schon seit den ältesten Zeiten bekannte) römische oder Schnellwaage oder Besemer, die Federwagen mit Springfedern, der Geisfufs der Maurer, die Hebebäume, die Zangen und Scheren; — im Gegensatze des Hebels der zweiten Art oder des einarmigen (Vectis secundae speciei, homodromus), welcher entsteht, wenn Kraft und Last auf einer Seite liegen, und der Hebel sich um seinen Endpunkt frei herumdreht. Auch hier gilt das obige Gesetz; das Gleichgewicht entsteht, wenn die Gewichte sich umgekehrt verhalten, wie ihre Entfernungen vom Unterstüzzungspuncte, bei ihren Wirkungen nach entgegengesetzter Richtung, das eine nach oben, das andere nach unten zu wirksam gedacht. Es liegt bei dieser letzteren Art von Hebel die Last entweder in der Mitte zwischen dem Ruhepunkte und der Kraft, z. B. ein Schiffsruder, ein Schiebkarren u. s. w.; oder die Kraft zwischen dem Ruhepunkt und der Last, z. B. eine Sense, Schaufel, der Arm eines Menschen wenn er eine Last hebt, der Futter- oder Lumpenschneider, die Zitronenpresse und in gewissen

Lagen auch der Hebebaum, sammt der Hebelade, d. i. eine Vorrichtung, um allmählig die Stützpuncte höher zu bringen, und mittelst derselben, z. B. Jemand der nur einen Centner auf einen Wagen zu heben vermag, deren leicht 10 in 10mal so viel Zeit wird hinaufzubringen vermögen u. s. w.

4) Die Gesetze des geradlinigen Hebels lassen sich auch auf den gebrochenen oder Winkelhebel (Vectus angularis) d. i. auf Fälle wo Kraft und Last schief auf den Bewegungspunct wirken, und wo das Gleichgewicht eintritt, wenn Kraft und Last sich umgekehrt wie die Perpendikel aus dem Unterstützungspuncte auf die Richtungen der Kräfte verhalten, so wie auf die Rolle oder Scheibe (Trochlea) den Flaschenzug (Polyspastus) und das Rad an der Welle (Axis in peritrochio) anwenden, wie dieses die angewandte Mathematik lehrt. Vergl. §. 40. Bem. 4. Mit einem Flaschenzuge, dessen unterer beweglicher Kloben mit fünf Rollen versehen ist, sollen — vermöge der Kraftverminderung durch die Reibung — mit 150 Pfd. Zuggewalt höchstens 500 Pfd. Last in die Höhe gezogen werden können. — Die Hahnsche Schnellwage ohne Läufer, ist ein rechtwinkliger Winkelhebel mit einem Gradbogen, an welchem ein Zeiger die Gewichte nachweiset.

5) Ueber die Gesetze des Gleichgewichts, wenn die Kräfte in schiefen Ebenen auf den Hebel wirken vergl. man: Kästner's Dissertat. betit. Vectis et compositionis virium theoria evidentius exposita. Lips. 1753. 4. Uebrigens vermag jede senkrecht auf den Hebel wirkende Kraft, bei sonst gleichen Umständen mehr, als eine deren Wirkung in schiefer Richtung auf den Hebel geht.

6) Um den physischen Hebel, wo das Gewicht der Arme selbst zu berücksichtigen ist, auf einen mathematischen zu reduciren, nimmt man das bekannte Gewicht der Arme, als in dem Schwerpuncte des Hebels vereinigt an; und berechnet dann aus der Entfernung dieses

Schwerpunctes vom Ruhepunkte; um wieviel das Gewicht des kürzeren Arms erhöhet werden soll. Versuche mit der LEUPOLDschen Universalwaage können dann zur Bestätigung dienen. Auch gehört hieher der Versuch, an einen auf einen scharfkantigen Tisch gelegten Stock ein mehr oder minder grofses Gewicht aufzuhängen; ferner ein grofses Gewicht an das eine Ende einer langen thönernen Tabakspfeife, die frei auf eine schmale Stullähne gelegt ist, zu hängen und mit dem gegenüber schwebenden Pfeifentheile im Gleichgewicht zu halten; einen Eimer voll Wasser, an die Klinge eines Messers das frei auf einem Tische liegt aufzuhängen etc. Vergl. SIGAUD a. a. O. §. 281; und dessen Anleitung zur Experimentalphys. §. 124. — Ueber die Anwendung der Lehre vom Hebel auf die Bewegung der Gliedmassen, und der durch sie zu überwältigenden Lasten vermittelst der Muskeln; vergl. P. BORELLI a. a. O. §. 281. 5. und GEHLER's phys. Wörterb. Th. III. S. 295. u. s. f.

7) Eine für den Physiker und Chemisten vorzüglich interessante Anwendung der Gesete des Hebels, ist die auf die Einrichtung der Waage (Libra, Statera, Trutina, Bilanx). Gewöhnlich bedient man sich der gleicharmigen Waagen, und setzt bei ihrem Gebrauche, vorzüglich bei chemischen Arbeiten voraus, dafs sie folgenden (durch Prüfung zu bestimmenden) Erfordernissen entsprechen. Sie müssen vor allem den gehörigen Grad vom Empfindlichkeit haben und richtig sein. Daher müssen die (hohlen, konischen) Arme des Waagebalkens genau von gleicher Länge sein, und beim Verwechseln der Schalen dieselbe Richtigkeit zeigen. Je länger die Arme sind, um so empfindlicher ist (bei übrigens gleichen Umständen) die Waage; je senkrechter die sogenannte Zunge beim Gleichgewicht der Waage steht, und je genauer sich diese Stellung durch scharfe Zuspitzung der Zunge bemerken läfst, um so eher sind richtige Wägungen möglich. Eine Waage die zwei Pfund zieht, mufs auch noch einen halben Gran ange-

ben können. Sehr genaue Waagen der Art sind die Probierwaagen, deren man sich in der Probierkunst und bei der chemischen Analyse zur Gewichtsbestimmung der ausgeschiedenen Bestandtheile bedient. Eine solche höchstens nur mit 200 Gran zu beschwerende Waage, muſs noch 0,02 Gran genau angeben. Eine höchst empfindliche Waage von RAMSDEN beschreibt ROZIER im Journal de Physique, Août 1788, welche 10 Pfund tragen und dabei nach $\frac{1}{10000000}$ anzugeben vermag. LÜDECKE's Waage von einer besonderen Einrichtung (vgl. GILBERT's Annal. I. 2. S. 121.) wo ein nach unten stehender Zeiger das Gleichgewicht anzeigt, giebt um $\frac{1}{48580}$ des Gewichts einer Schale Ausschlag. Bei LEUPOLD (in seinem Theatrum staticum universale. Lips. 1726.) findet man genaue Beschreibungen der Waagen. Die Wahl des Metalls woraus die Arme verfertigt werden ist nicht gleichgültig; Stahl leidet sehr vom Rost und wird auch durch (in der Folge zu berührenden) Einfluſs des Magnetismus, im Gleichgewichte gestört; man zieht daher in neuern Zeiten gutes Messing vor. Die Schalen können von Messing, Silber, Horn oder Elfenbein sein, und werden beim Wägen scharfer angreifender Substanzen nicht unmittelbar belegt, sondern Glasschälchen die vollkommen gleiches Gewicht haben darauf gestellt. Die Gewichte müssen genau justirt seyn; gewöhnlich verfertigt man sie von Messingblech da dieses aber in feuchter Luft oxydirt wird, so ist es wenigstens bei den kleineren Gewichten zweckmäſsiger, sie entweder vergolden oder von feinem Silber verfertigen zu lassen. Jede Waage muſs reinlich gehalten (Probierwaagen bewahrt man in Glasschränken auf) und vor jedesmaligem Gebrauche genau gesäubert und auf ihre Richtigkeit durch kleine Versuche geprüft werden. Ueber die Beschaffenheit guter Waagen, vgl. m. Einleitung in d. n. Chemie. Halle 1814. 8. S. 35. Eine von dem Mechanikus Dr. Körner in Jena für das hiesige phys. Cabinett verfertigte Waage giebt $\frac{1}{1638460}$ des tragungsmöglichen Auflegegewichts an.

D) Von der Bewegung auf der schiefen Ebene.

§. 55.

Jede Ebene die mit einer Horizontalebene einen schiefen Winkel macht, oder auf der Richtung der Schwere schief steht, ist eine geneigte, inclinirte oder schiefe Ebene (Planum inclinatum). In der Mechanik macht man von ihr häufigen Gebrauch zur Bewegung der Lasten, die sie erleichtert, indem sie einen Theil der Last trägt. Mehr zusammengesetzt ist die Wirkung des Keils, den man als eine doppelte schiefe Ebene betrachtet, wo nicht nur die Last auf der schiefen Ebene, sondern auch die doppelte schiefe Ebene selbst gegen die Last bewegt wird, und wo die Kraft (die Last) rücksichtlich ihrer Gröſse und ihrer Richtung, sich nicht mit der Genauigkeit wie bei der Schwere bestimmen läſst.

Bemekr. 1) Auch die Schraube (vergl. vorig. §.) bildet eine Art schiefer Ebene, deren genaue Kraftbestimmung nicht minder schwierig ist, als die des Keils. Die Theorien beider als Werkzeuge der Kunst, gehören für die angewandte Mathematik.

2) Im gemeinen Leben macht man von mehreren keilförmigen Werkzeugen z. B. Nägel, Messer, Scheeren, Nadeln, Meissel, Spaten, Sicheln, Zugmesser, Sensen u. s. w. häufigen Gebrauch.

3) Der Hebel und die schiefe Ebene bilden die Elemente aller Maschinen, d. s. Vorrichtungen, in denen bewegende Kräfte Behufs bestimmter Zwecke in Wirksamkeit gesetzt worden. (Man beabsichtigt dabei Bewegung von einer für die zu erzielende Wirkung möglichst vortheilhaften Geschwindigkeit, selten Gleichgewicht [wie bei der Waage] und Druck). Man unterscheidet einfache oder elementare, auch Potenzen genannt, und zusammengesetzte. Zu ersteren

gehören ausser den genannten Elementen, die Waage, die Hebelade mit dem Hebebaum, die Flaschen- und Rollenzüge, das Tretrad, die Tretscheibe, die feste und bewegliche Rolle, das Rad an der Welle, das Rad mit Getriebe, die Schraube und der Keil. Die bewegenden Kräfte, durch deren Betrieb die Maschine in Thätigkeit gesetzt wird, sind lebende z. B. Muskelkraft der Menschen und verschiedener Thiere und gewissermafsen die sich in einer gewissen Reihefolge erneuernde Last (das Gewicht oder die Schwere) derselben, z. B. beim Herabziehen mit den Händen und beim Tretrade und todte: die Schwere z. B. der Gewichte bei Uhren und verwandten Maschinen, wie auch des Wassers z. B. beim oberschlägigen Wasserrade, der Druck z. B. des Wassers, auch wohl des laufenden Merkurs, und der Luft (als Wind), und der übrigen Gase, besonders des Wasserdampfs (in den Dampfmaschinen), des Pulvergases (vergl. Kastner's D. Gewerbsfreund IV. H.), des kohlensauren Gases (z. B. in Stapel's Stellvertreter der Dampfmamaschine) etc., der Stofs — theils der Gase in den angegebenen Fällen, theils fester Körper z. B. der Stampfen, der Ramme etc., der Schwerpunkt, der Hebels, die Federhärte z. B. der Uhrfedern, die Schwungkraft z. B. der Flossenruder und des Schwungrades etc. vergl. §. 54. Bem. 3 ff. Gewöhnlich verhält sich die eine oder die andere dieser bewegenden Kräfte, zu der dadurch erzeugten Wirkung, wie sich die Geschwindigkeit dieser Wirkung verhält, zur Geschwindigkeit der wirkenden Kraft; vergl. m. Grundzüge der Physik und Chemie für Schulen, Bonn 1820. 8. S. 127. Aus der mannichfaltigen Verbindung der einfachen Maschinen unter sich, und der verschiedenen lebenden und todten Kräfte entspringen die zusammengesetzten Maschinen, deren Betrachtung Gegenstand der Maschinenlehre ist. Vergl. auch §. 40. Bem. 1 bis 5. u. d. Deutsch. Gewerbsfr. I—IV. B. Desgleichen Poppe's Lehrb. d. Technologie. Stuttgardt u. Tübing. 1819. 8.

§. 56.

IV. Versuch. Man stelle einen glatten Würfel oder einen andern nicht runden festen Körper, auf ein glattes horizontal liegendes Brett; er wird so lange vollkommen ruhig bleiben, als das Brett die Directionslinie des Falles seiner Masse lothrecht unterstützt. Hebt man aber das Brett an dem einen Ende so in die Höhe, daſs es die Richtung einer schiefen Ebene darstellt, so wird es nur einen Theil des Druckes aufhalten, während der andere Theil den Körper längs der schiefen Ebene hinab treibt. Je kleiner die Neigung der schiefen Ebene gegen den Horizont wird, mit desto gröſserer Gewalt wird der Körper hinabgetrieben werden; je mehr hingegen jene Neigung wächst, um desto mehr wird er von der schiefen Ebene unterstützt, und mithin mit desto geringerer Gewalt hinabfallen. Eben so wird auch, um die Bewegung des Körpers auf der schiefen Fläche aufzuhalten, die dazu nöthige Kraft, um so kleiner als das absolute Gewicht des Körpers zu sein brauchen, je mehr die Ebene geneigt ist; und um so gröſser je weniger dieselbe geneigt ist. Ueberhaupt wird sich das relative Gewicht eines Körper, welches denselben längs der schiefen Ebene hinabtreibt, zu seinem absoluten Gewichte verhalten, wie die Höhe der schiefen Ebene zu ihrer Länge. Wählt man statt des eckigen Körpers eine Kugel zu diesem Versuche, so wird sie hinabrollen (indem die Directionslinie ihres Schwerpunctes ausserhalb der unterstützten Fläche fällt, und sie nur in einem Punkte die schiefe Ebene berührt, so schlägt sie fortdauernd um); auch der Cylinder rollt herab,

wenn er auf der schiefen Ebene so liegt, daſs seine Axe, mithin auch seine Seite — oder eine auf seiner krummen Fläche mit der Axe parallel laufende Linie — rechtwinklig horizontal gegen die Richtung der schiefen Ebene liegt), auch selbst wenn gar keine (des Rollen befördernde) Reibung stattfände; während eckige Körper hinabgleiten.

Bemerk. 1) Auch hohle Kugeln, aufgestellte Ringe etc. deren Schwerpunct (wie beim Trichter, hohlen Cylinder, gekrümmten Stabe u. m. a.) ausserhalb des Körpers selbst fällt, werden umschlagend auf der schiefen Ebene herabrollen. Bei den herabgleitenden Körpern, fällt die Directionslinie ihres Schwerpunctes innerhalb ihrer Unterstützungsfläche, und alle denkbaren Puncte eines solchen Körpers, gehen auch einzeln parallel mit der schiefen Ebene.

2) Auf einer schiefen Ebene MN Fig. 6., befinde sich ein schwerer Körper A; dieser würde wenn die Ebene ihn nicht daran verhinderte, dem freien Falle folgend, sich in der lothrechten Richtung AH bewegen. Bei seiner durch die schiefe Ebene erzwungenen Bewegung hingegen, wird er innerhalb einer gewissen Zeit den Weg von A nach N beschreiben, dessen Raumslänge sich zu der in derselben Zeit in lothrechter Richtung vollendeten, verhalten würde, wie sich das Perpendikel AH zur Hypothenuse AN (oder auch wie sich der Sinus des Neigungswinkels N zum Sinus totus) verhält. Wäre z. B. AC die von dem Körper in einer gewissen Zeit zu durchfallende Bahn, und CB ein Perpendikel auf AN, so drückt die Seite AB des Parallelogramms ABCE den Weg aus, welchen der Körper in gleicher Zeit AN vermöge seiner zusammengesetzten Bewegung vom Scheitel A nach B beschreiben muſs, in welcher er durch die Fallhöhe AC fallen würde. Der Aehnlichkeit der Dreiecke CAB und HAN wegen, ist AB : AC = AH : AN = Sin. N : Sin. totus. Der Weg AB ist

mithin stets kleiner als AC, und man kann sich daher denken, als wäre die beschleunigende Kraft die den Körper von A nach N treibt von geringerer Gröſse als die Schwere; indem nur ein Theil der Schwere jene Bewegung wirklich beschleunigt, welcher Theil durch AB (wenn man die Schwere mit AC bezeichnet) ausgedrückt, den Körper längs AN forttreibend die respective Schwere (Gravitas respectiva), oder das relative oder respective Gewicht (Pondus respectivum) genannt wird, während der andere Theil der Schwere AE die Ebene senkrecht trifft und von ihr aufgehalten wird. Will man die Bewegung des Körpers von A nach B u. s. f. verhindern, so muſs man in entgegengesetzter Richtung in M eine Zugkraft auf ihn wirken lassen, die sich zu seinem Gewichte verhalten muſs, wie AB : AC = AH : AN = Sin. N : Sin. totus; was in obigem Versuche leicht durch einen rückwärts an den fallenden Körper befestigten und mit Gewichten zu verbindenden Faden bestätigt werden kann.

3) Sofern der Körper auf der schiefen Ebene fällt, ist seine Bewegung auch eine gleichförmig beschleunigte, und die längs AN zurückgelegten Räume, verhalten sich ebenfalls wie die Quadratzahlen der verflossenen Zeiten; vergl. §. 35. N. 3. Die beschleunigende Kraft ist aber obigen Untersuchungen zufolge vermindert, und verhält sich zur unverminderten Fallkraft wie die Höhe der schiefen Ebene zu ihrer Länge; und mithin wird sich auch der Raum, den ein Körper auf der schiefen Ebene in einer Zeiteinheit zurücklegt, zu dem Raume des freien Falles in eben dieser Zeit verhalten, wie die Höhe der schiefen Ebene zu ihrer Länge. Es läſst sich daher auch der Raum bestimmen, den ein Körper in derselben Zeit, welche er beim senkrechten Fall verwendet, in einer gegebenen schiefen Ebene durchlaufen wird, sofern die senkrechte Fallhöhe eines schweren Körpers in einer gegebenen Zeit behannt ist (nämlich 15,625 Fuſs in einer Secunde). — Verhalten sich nun

die Räume AC, AH, die ein Körper in senkrechter Richtung durchfallen würde, wie die Quadrate der Zeiten, so müssen sich auch die Räume AB, AG (welche von dem Körper, nur mit einer geringeren Beschleunigung, auf der schiefen Ebene AN durchlaufen werden) eben so verhalten; woraus sich zugleich der Satz ergiebt, daſs wenn eines rechtwinklichten Dreiecks AGH Hypothenuse AH eine lothrechte Lage hat, ein Körper in eben der Zeit den Catheten AG durchlaufen muſs, in welcher er durch die lothrechte Höhe AH fallen würde. Zieht man nun GL parallel mit AH, und HL parallel mit AG, so ist auch die Zeit des Falles durch den Catheten GH des rechtwinkligen Dreiecks GHL der Zeit des Falles durch GL, und mithin auch durch AH gleich. Folglich durchläuft ein schwerer fallender Körper, jede Seite eines rechtwinkligen Dreiecks AGH in derselben Zeit, in der er senkrecht durch die Hypothenuse fallen würde.

4) Zu empirischen Beweisen der obigen Folgerungen bedient man sich (ausser der oben angegebenen einfachen Vorrichtung) einer ebenen glatten Tafel, die mit einer horizontalen in einem Gewinde zusammengefügt ist, so daſs man sie in verschiedenen Winkeln neigen und erheben kann. Man legt auf diese Tafel eine um ihre Axe drehbare Walze, und befestigt die Axe (mittelst einer Kluftdeichsel) an eine Schnur, die parallel mit der schiefen Ebene, dann über eine Rolle läuft. Am anderen Ende dieser Schnur befestigt man das Gewicht, welches der Walze das Gleichgewicht halten soll; z. B. = 18 Quentchen. Verhält sich z. B. die Länge zur Höhe wie 2 : 1, so werden 9 Quentchen; verhält sie sich wie 3 : 1, 6 Quentchen; wie 6 : 1, 3 Quentchen der Walze das Gleichgewicht halten etc. Vgl. Hildebrandt a. a. O. S. 167. und Mayer's Exp. Phys. S. 104. u. s. f. Meine Grundzüge der Physik und Chemie S. 118. ff.

§. 57.

Aus dem Vorhergehenden folgt ferner, daſs

ein schwerer Punkt, der sich nach irgend einer Sehne eines Halbkreises bewegt, die Sehnen im Halbkreise in derselben Zeit durchläuft, in welche er bei dem freien Falle den senkrechten Durchmesser des Kreises durchlaufen haben würde; und daſs ein auf mehreren aneinander hängenden schiefen Ebenen hinunterfallender Körper (vorausgesetzt, wenn er bei dem Uebergange von der einen zur anderen schiefen Ebene, nichts von seiner bereits erlangten Geschwindigkeit durch anderweitige Ursachen verliert) am Ende seines Falles dieselbe Geschwindigkeit besitzt, die er erhalten hätte, wenn er nach senkrechter Richtung in der Höhe vom Scheitel der ersten schiefen Ebene bis zur Grundlinie der letzten hinabgefallen wäre.

Bemerk. 1) Man beschreibe um das rechtwinklige Dreieck ACB (Fig. 7.) einen Kreis, und ziehe eine Tangente in C, so ist der Winkel ACD = B; mithin würde ein schwerer Punkt in derselben Zeit durch einen Raum = BC d. i. den Durchmesser des Kreises durchfallen, in der er sich auf AC der Sehne des Kreises hinunter bewegt, und dieses gilt von jeder anderen Sehne aus C.

2) Bewegt sich der schwere Punkt durch mehrere aneinander grenzende schiefe Ebenen, wo jede in der Richtung etwas abweicht, so ist am Ende der ersten seine erhaltene Geschwindigkeit so groſs, als wenn er vertical von ihrem Scheitelpunkte bis zu ihrer Grundlinie gefallen wäre; am Ende der zweiten so groſs, als wenn er von der Grundlinie des ersten bis zur Grundlinie der zweiten in senkrechter Richtung gefallen wäre; u. s. f. Seine erlangten Geschwindigkeiten sind also am Ende

gleich, denen durch die Höhen der ersten + der zweiten + der dritten etc. schiefen Ebene beim lothrechten Falle erlangten Geschwindigkeiten; welche Höhen zusammen die zu ziehende senkrechte Linie, vom Scheitel der ersten bis zur Grundlinie der letzten schiefen Ebene, ausmachen. Sigaud a. a. O. I. §. 117.

§. 58.

Fällt daher ein schwerer Punkt in einer krummen Linie herab, so wird er am Ende seines Falles eben die Geschwindigkeit erlangen, als wenn er von seinem Anfangspunkte der Bewegung, senkrecht auf die Horizontallinie, welche durch den untersten Punkt der krummen Linie gezogen werden kann, herabgefallen, oder durch die Chorde des Bogens niedergegangen wäre; vorausgesetzt wenn man die krumme Linie überhaupt, als die Durchschnittslinie an einander grenzender schiefer Ebenen betrachtet. Vergl. §. 21. N. 6. und meine Grundzüge a. a. O.

Bemerk. 1) Nöthigt man einen schweren Körper sich an einer schiefen Ebene aufwärts zu bewegen, so wird er mit einer gleichförmig verminderten Bewegung hinaufsteigen, und es werden dieselben Gesetze gelten, die früher (§. 51. N. 1.) beim senkrechten Aufsteigen schwerer Körper entwickelt wurden.

2) Gesetzt es befinde sich ein schwerer Körper in E (Fig. 7.) an dem einen Ende der kreisförmigen Fläche ECA, so wird er sich (dem Vorhergehenden zufolge) mit wachsender Geschwindigkeit auf der Fläche herab bewegen, und bei C angelangend die gröfste Geschwindigkeit erhalten haben; vermöge welcher er fortgetrieben, sich an der gleichmäfsig gekrümmten Fläche CA in demselben Maase vermindert hinaufbewegen wird, als er zuvor beschleunigt von E nach C gieng. Er steigt also so hoch, als er gefallen war, d. h. er durchläuft einen

Bogen CA = EC. Von A fällt er wieder zurück, erhält in C wiederum die gröfste Geschwindigkeit, die ihn bis E treibt, von wo aus er wieder den vorigen Lauf beginnt, und so ins Unendliche fort, wenn er nicht nach und nach durch Luftwiderstand und Reibung gehemmt, kleinere Bogen beschriebe uud so endlich ruhete.

E) Vom Pendel.

§. 59.

V. Versuch. Ein an einem Faden befestigter und mittelst desselben an einem (freie Bewegung gestattenden) Orte aufgehängter schwerer Körper, z. B. eine Kugel oder eine oben um einen Stift bewegliche Stange (die anstatt des Stifts auch an einem biegsamen Metallblättchen befestigt sein kann), werde aus seiner lothrechten Richtung gebracht und dann dem Falle überlassen; so wird der schwere Körper am freien Falle verhindert, sich nur bis zu dem möglichst tiefsten Punkte senken, d. i. bis zu derjenigen Stelle, wo die Richtung des Fadens auf den Horizont senkrecht ist, oder wo sich der Schwerpunct des schweren Körpers gerade unter seinem Aufhängepuncte (in der lothrechten Linie durch diesen Punct) befindet; tritt ihm hier kein Hindernifs entgegen (was ihn zu der für ihn sonst nur in dieser Lage möglichen Ruhe bringt) so wird er, vermöge der durch den Fall bis zu diesem tiefsten Puncte erlangten Geschwindigkeit, sich nach der entgegengesetzten Seite eben so hoch hinaufbewegen, als er zuvor gefallen war, und von hier aus wiederum fallend den tiefsten Punct erreichen, wo die aufs Neue erlangte gröfste Geschwindigkeit ihn, laut dem im

vorigen §. N. 2. entwickelten Gesetze, bis zum Ausgangspuncte seiner Bewegung treibt, und von hier aus die Bewegung wieder wie zuvor eintreten läſst; u. s. f. Man nennt eine solche Vorrichtung ein (physisches oder zusammengesetztes) Pendel (Pendulum); es würde jene Hin- und Herbewegung — Pendelschwingung (Oscillatio, Vibratio penduli genannt) — unaufhörlich fortsetzen, und immer dieselben Kreisbogen beschreiben, wenn es nicht durch den Widerstand der Luft und durch Reibung nach und nach zur Ruhe käme.

Bemerk. 1) Die Bewegung des Pendels vom Ausgangspuncte bis zum gleich hohen entgegen stehenden Puncte der anderen Seite, z. B. Fig. 7. von A nach E, heiſst eine einfache Schwingung (Oscillatio simplex); hingegen diejenige Bewegung der zufolge es vom Anfangspuncte ausgeht, den gleich hohen Punct gegen über erreicht, und dann wieder zum Ausgangspuncte zurückkehrt, eine zusammengesetzte Schwingung (Osc. composita). Auch unterscheidet man halbe und ganze Schwingungen; die erstere bezeichnet den Schwingungsbogen αC oder CA (oder eC und Ca) Fig. 7. die letztere die Bögen eCa, oder αCA. Einige Physiker nennen auch die einfache eine halbe und die zusammengesetzte eine ganze Schwingung. Erfolgen die Schwingungen in gleichen Zeiten, d. h. werden in gleichen Zeiten Bogen von gleichen Gröſsen durchschwungen, so nennt man sie isochronisch (Oscillationes isochronae); vollendete hingegen ein Pendel die Schwingungen durch groſse Bogen in derselben Zeit, in welcher es kleine Bogen durchschwingt, so würden seine Schwingungen tautochronisch sein, ein Fall der beim Pendel nicht gegeben ist, indem es auf groſse Bogen mehr Zeit verbraucht als auf kleine; bei Bogen, die kleiner als 15 Grad sind, ist indeſs dieser Unterschied fast unmerklich; die Dauer der (ganzen) Schwingung nennt man die Schwungzeit (Temp. oscillationis).

2) Denken wir uns den Faden des Pendels als eine (gewichtslose) unbiegsame, gerade Linie, und den Körper als einen schweren Punct, so erhalten wir die Vorstellung des einfachen oder mathemetischen Pendels (Pend. simplex), von dem wir das obige zusammengesetzte Pendel (Pend. compositum) als in jedem Puncte der Linie gewichtig, mithin eine zusammenhangende Reihe vieler schwingender schwerer Puncte, d. i. vieler Pendel von verschiedener Länge unterscheiden.

3) Die Schwingungzeit hängt a) von der Gröfse des Oscillations-, Aufhebungs- oder Elongationswinkels (Angulus elevationis, elongationis) AOC (Fig. 7.); b) von der Länge des Pendels, die man beim einfachen Pendel von der Entfernung des Aufhängepunctes O vom schweren Puncte C rechnet; und c von der nicht aller Orten der Erde gleich stark wiskenden beschleunigenden Kraft der Schwere ab.

4) Pendel bei denen Aufhebungswinkel, Länge und Schwere gleich sind, schwingen isochronisch; weichen hingegen zwei Pendel in einer dieser Bedingungen von einander ab, so sind die Schwingungszeiten ungleich. Bei gleicher Schwere und gleichen Elevationswinkeln verhalten sich die Schwingungszeiten der Pendel wie die Quadratwurzeln ihrer Längen, und umgekehrt die Pendellängen wie die Quadrate der Schwingungszeiten. Bezeichnen wir die Zeiten mit T und t die Längen mit L und l so ist $T^2 : t^2 = L : l$, und mithin $T : t = \sqrt{L} : \sqrt{l}$; und setzen wir die Wirkungen der Schwere an den beiden Orten verschieden, diese Verschiedenheiten durch G, g bezeichnend, so werden sich die Schwingungen zweier ungleich langen sonst gleichen Pendel verhalten, wie $T : t = \sqrt{g} : \sqrt{G}$.

5) Fiele der Körper A (Fig. 7) durch den Bogen AC, so ist zwar die Sehne dieses Bogens kürzer, aber sie weicht weniger von der Horizontallinie ab, als der

obere Theil des Bogens, der durch den Bogen fallende Körper erlangt daher gleich anfänglich eine gröſsere Geschwindigkeit, und kommt dieser zufolge in C eher an, als wenn er in der Richtung der Sehne gefallen wäre. Die höhere Mechanik setzt den Unterschied beider Fallzeiten, durch den kleinen Bogen und durch dessen Sehne, gleich dem Verhältnisse des vierten Theils der Peripherie zum Durchmesser d. i. wie 785,39823 : 1000,00000. Uebrigens läſst sich das bei der schiefen Ebene erläuterte Gesetz: daſs ein Körper alle Sehnen eines Halbkreises in einerlei Zeit durchfällt, nicht vollkommen auf den Fall durch verschiedene Bogen ein und desselben Kreises anwenden, indem die Schwingungen hier nicht von vollkommen gleicher Dauer sind; siehe Bem. 1).

6) Sofern ein schwerer Punct in derselben Zeit die Sehne des Halbkreises (z. B. AC Fig. 7. vergl. §. 57. N. 1.) als den Durchmesser desselben durchfällt, so folgt, daſs sich die Zeiten in denen er durch die Sehnen versciedener Halbkreise fällt, verhalten wie die Quadratwurzeln ihrer Durchmesser. Dieses auf Pendelschwingungen kleiner Bogen angewendet (von denen wir annehmen, daſs das Verhältniſs ihrer Schwingungszeit zur Fallzeit durch die Sehne auch bei den verschiedensten Kreisen dasselbe sei) läſst die Folgerung zu: daſs sich die Schwingungszeiten verschiedener Pendel, wie die Quadratwurzeln der Durchmesser der Kreise, in deren Bogen sie schwingen, verhalten; woraus denn, indem die Pendel selbst die Halbmesser sind, und diese sich wie die Durchmesser verhalten, das N. 4. ausgesprochene Gesetz folgt.

7) Die beiden Pendel CD und Cδ (Fig. 8.) haben gleiche Elongationswinkel. AD und $\alpha\delta$ sind die Räume, durch welche sie mit einer für gleichförmig beschleunigt anzunehmenden Bewegung zu fallen genöthigt sind; bei der gleichförmig beschleunigten Bewegung verhalten sich aber die Räume wie die Quadrate der Zeiten, vgl.

§. 35. N. 3., mithin wird AD : $\alpha\delta$ = $T^2 : t^2$ sein. AD und $\alpha\delta$ sind zugleich ähnliche Bogen verschiedener Halbmesser, die sich verhalten wie die Halbmesser, mithin AD : $\alpha\delta$ = CD : Cδ. CD und Cδ sind zugleich die Pendellängen, daher ist AD : $\alpha\delta$ = L : l; mithin $T^2 : t^2 = L : l$ oder $T : t = \sqrt{L} : \sqrt{l}$. Es gilt dieses jedoch nur, wenn die Pendel an gleichen Orten der Erde schwingen; sind die Orte verschieden, so ist auch die Wirkung der Schwere aus später zu erläuternden Gründen verschieden, und bezeichnen wir das Verhältnifs der Schwere zu den an verschiedenen Orten schwingenden Pendeln mit G und g, so erhält obige Formel folgende Gestalt: $T : t = \sqrt{\frac{L}{G}} : \sqrt{\frac{l}{g}}$., siehe oben dies. §. Bem. 4.

8) Dafs bei gleichen Flevationswinkeln und gleichen Orten, die Zahl der Schwingungen mit der Quadratwurzel der Längen (bei zwei schwingenden Pendeln) im umgekehrten Verhältnisse stehe, z. B. wenn die Zahl der Schwingungen doppelt so grofs ist, die Pendellänge viermal kleiner sein mufs, folgt schon aus dem Obigen. Denn soviel wie die Dauer der Schwingungen in einer gewissen Zeit gröfser ist, um soviel wird auch die Zahl der vollendeten einzelnen Schwingungen in derselben Zeit kleiner sein müssen; d. i. $N : n = t : T$. Ist aber $T : t = \sqrt{L} : \sqrt{l}$, so ist auch $N : n = \sqrt{l} : \sqrt{L}$. Mithin, je kürzer das Pendel ist, um so schneller sind seine Schwingungen; je länger um so langsamer.

9) In dem Verhältnisse wie die Gröfsen der Schwingungsbogen wachsen, wird auch die Zeit des Schwunges (dem obigen zufolge) gröfser werden, und nur bei sehr kleinen Bogen, sind die Pendelschwingungen wirklich isochronisch. Nachstehende Tabelle zeigt die Zögerung an, welche aus der Zunahme der Schwingungsbogen, bei ein und demselben Secundenpendel (d.i. ein Pendel, welches innerhalb einer Secunde einmal hin und her schwingt), für einen Tag, an demselben Orte, in Vergleichung mit dem wahren Secundenpendel, welches,

mathematisch genommen unendlich kleine Bogen beschreibt, entsteht. Die Zunahme der Bogen ist nach der Breite eines einfachen Schwunges und die Länge des Pendels zu 3 Fuſs 8 Linien (paris.) bestimmt.

Einfacher Schwung.			Tägliche Verzögerung.
Zoll	Linien.		Secunden.
0.	4.	.	0,1.
0.	8.	.	0,5.
1.	0.	.	1,0.
1.	4.	.	1,8.
1.	8.	.	2,8.
2.	0.	.	4,0.
2.	4.	.	5,5.
2.	8.	.	7,1.
3.	0.	.	9,0.

u. s. w., wie leicht gefunden wird, wenn man die Zahl der Zolle mit ihnen selber multiplicirt, da denn das Product die Secundenzahl angiebt, welche die tägliche Verzögerung ausdrückt. Vergl. oben Bem. 1). Schwingt mithin ein Pendel auf jeder Seite 4 Linien, also in einer Breite von 8 Linien, so ist es kein wahres Secundenpendel, da es täglich $^1/_2$ Secunde zurückbleibt. Machte aber das Pendel nur einen Winkel von zwei Secunden oder $\frac{1}{250}$ Linien, so würde die tägliche Verzögerung nur ein Milliontheilchen einer Secunde (oder in 21509 Jahren eine Secunde) betragen. Vergl. Gren a. a. O. S. 128 etc.; und de la Lande Calcul astronomique, à Paris 1762. §. 253. Werneburg: Ueber die zeitherige Bestimmung der Dauer eines Pendelschlags und der Fallhöhe in einer Secunde. Eisenach 1818. 4.

10) Sind die Elevationswinkel verschieden, und sollen die Schwingungen isochronisch sein, so dürfen sie nicht in Kreisbogen, sondern sie müssen in der Radlinie oder Cycloide erfolgen. Die höhere Mathematik führt (aus der Anwendung der Sätze vom Falle in der krummen Linie überhaupt auf die Cycloide) den Beweis, daſs der Fall durch den endlichen Bogen der Cycloide eben so lange

dauert, als durch den unendlich kleinen Bogen (weshalb sie auch die tautochronische Linie genannt wird), woraus denn folgt: dafs die Zeit des ganzen Schwunges in der Cycloide (auch bei ungleichen Bogen) sich verhält zur Zeit des freien Falles durch die doppelte Länge des Pendels, wie der Umkreis zum Durchmesser. Vergl. Huyghens horologium oscill., P. II. pr. 25.

11) Die Gesetze des einfachen Pendels, lassen sich auf das zusammengesetzte oder physische Pendel anwenden, wenn man dieses zuvor auf das erstere reducirt hat. Jeder denkbare Punct oder Massenatom des physischen Pendels wird nämlich von der Schwere afficirt, und befindet sich in Vergleichung mit den übrigen in einer verschiedenen Entfernung vom Aufhängepuncte; es mufs daher um jene Anwendung möglich zu machen, zuvor die Frage beantwortet werden, wie grofs die Länge eines einfachen Pendels sein würde, dessen Schwingungszeit jener eines physischen Pendels von bestimmter Gestalt und Gröfse gleich käme?

12) Es ist Gegenstand der höheren Mechanik diese Frage erschöpfend zu beantworten, uns genügt es hier die Resultate zu benutzen, welche die mathematischen und physischen Untersuchungen zur Zeit darüber gegeben haben. Diesen zufolge läfst sich in jedem physischen Pendel (Fig. 10) ein Punct m (der Mittelpunkt der Schwingung, centrum oscillationis) auffinden, dessen Abstand Cm vom Aufhängepuncte C, der Länge eines einfachen Pendels CM, welches mit diesem zusammengesetzten Pendel gleiche Schwingungen macht, gleich ist; und dieser Punct trifft a) bei einem Kugelpendel, dessen Faden sehr dünne und auch nur 3″ lang ist, und dessen Metallkugel nicht über 3‴ im Durchmesser hat, fast mit dem Mittelpunkte der Kugel zusammen; b) bei einer gleichartigen, unbiegsamen, geraden und schweren Linie, die an ihrem einen Ende aufgehängt ist (z. B. eine cylindrische oder parallelepipedalische Metallstange oder Drath etc.), liegt der

Schwingungspunct vom Aufhängepunct um $^2/_3$ der Länge der Linie entfernt; c) bei einer schweren, an einem sehr dünnen und nicht merklich schweren Faden, an ihrem Scheitel aufgehängten Kugel, liegt der Schwingungspunct unter ihrem Schwerpuncte (der zugleich ihr Mittelpunct ist, vergl. oben §. 53. N. 1.) um $^2/_5$ des Quotienten entfernt, der gefunden wird, wenn man das Quadrat des Radius der Kugel mit der Entfernung ihres Schwerpunctes vom Aufhängepuncte dividirt; d) bei einem dem letzteren ähnlichen Pendel, wo aber der Faden bemerkbar schwer ist, wird der Schwingungspunct mit Hülfe folgender Formel gefunden; u bezeichne das Gewicht des Fadens, P das der Kugel, b ihren Durchmesser, und a die Entfernung des Mittelpunctes der Kugel vom Aufhängepuncte: so liegt der Schwingungspunct unter dem Mittelpuncte der Kugel um $\frac{(\frac{1}{3}u + \frac{2}{5}P)\,b^2 - \frac{1}{6}u\,(ab + a^2)}{(\frac{1}{2}u + P)\,a - \frac{1}{2}bu}$ vergl. Huyghens a. a. O. P. IV. prop. 7. 23. De la Lande exposition du calcul astronomique, S. 119. Kästner's Anfangsgründe der höh. Mechanik, Göttingen 1766. 8. S. 114. u. s. f. Gren a. a. O. S. 131. — Hat man die Entfernung des Schwingungspunctes vom Aufhängepuncte bei einem physischen Pendel genau bestimmt, so läſst sich die Länge des Secundenpendels durch Beobachtungen finden; indem man mit Hülfe einer guten astronomischen Uhr bemerkt, wieviel Zeit auf eine gewisse Zahl von z. B. 10000 Schwingungen des Pendels verstreicht, die Gröſse der Bogen miſst und den Einfluſs des Luftwiderstandes und der Wärme (des Barometers und Thermometers) auf die Länge des Pendels in Rechnung nimmt. Man berechnet hiernach die Länge des Pendels, wie sie sein müſste, wenn es, statt der beobachteten, unendlich kleine Bogen in einer bekannten Zeit an dem Beobachtungsorte durchschwänge, woraus sich die Länge des genau in einer Secunde eine ganze Schwingung, in unendlich kleinen Bogen machenden, d. i. des wahren Secundenpendels des Beob-

achtungsortes ergiebt. Vergl. Bemerk. 9. u. s. f. und v. ZACH's Beschreibung einer neuen Vorrichtung, womit die Versuche und Bestimmungen der wahren Länge des einfachen Secundenpendels genau und behend angestellt und gemacht werden können; in BODE's Sammlung astronomischer Abh. I. Supplementb. S. 175 u. s. f. und VOIGTS Magaz. B. IX. St. I. S. 142. u. s. f. Die Astronomen, welche hieher gehörige Beobachtungen angestellt haben, bedienten sich dazu theils einer Pendelstange (mit einer am unteren Ende angeschraubten Kugel, und am oberen Ende befindlichen, mit scharfer Kante auf einer Ebene aufliegenden Axe), die mit einer oberhalb befindlichen mechanischen Vorrichtung, Tage hindurch, mittelst eines ziehenden Gewichts, in Schwingungen von gleicher Gröfse erhalten wurde, theils eines Silberdrathes, der oben von einer Pincette gehalten und unten mit einem doppelten, in Richtung seiner Axe senkrecht hängenden Kegel versehen war. — Bei dieser Gelegenheit bestätigte sich, was man früher vermuthet und durch unvollkommene Versuche (mit dem verdünnte Luft enthaltenden Raume; vergl. §. 48. Bem. 3.) wahrscheinlich gemacht hatte, dafs die besondere Beschaffenheit der schweren Materien keinen Einflufs habe, auf ihr Fallstreben; denn als NEWTON an ein und dieselbe Pendelstange Kugeln von Holz, Bley, Gold, Messing und Eisen schraubte, und mit jeder derselben das Pendel an demselben Orte schwingen liefs, so fand man bei allen eine gleiche Länge des wahren Secundenpendels. Indefs ist es merkwürdig, dafs das Eisen hier keine Ausnahme machte, da es vermöge des magnetischen Einflusses der Erde hätte zu schnelleren Schwingungen (oder kleineren Fallzeiten) bestimmt werden müssen; vergl. Cap. IV. §. 104. (Ob man bei der neulich unternommenen und zu erneuernden Nordpolfahrt, auf dem Wege des Versuchs die Frage beantworten wird, um wieviel der Erdmagnetismus die Fallgeschwindigkeit des Eisens vermehre?) — Wäre die Pendelstange in obigen Versuchen ein Isolator (die

Elektricität isolirender Körper) z. B. eine Glasstange oder ein seidener Faden etc, gewesen, so hätte dadurch vielleicht eine Veränderung in den Schwingungen bewirkt werden können, indem dann die durchs Schwingen in der Luft sich an den Kugeln sammelnde Elektricität, wenigstens einige Zeit hindurch haften gemacht worden wäre, wodurch ohnfehlbar elektrische Anziehungen erfolgt sein würden, nach solchen Gegenden hin, wo sich gute Leiter der Elektricität befanden. Etwas der Art erfolgt nämlich in SCHÄFER's, RITTER's und Anderer sog. Pendelversuchen, und enthält zum Theil den Grund derjenigen dabei vorgekommenen Phänomene, die nicht lediglich von mechanischen Stoſs- und Lenkkräften (von Seiten der Hand des Experimentators) abzuleiten sind; vergl. Cap. V. §. III. Bem. 3.

13) Die Länge des Secundenpendels beträgt genauen Beobachtungen zufolge, nach MAIRAN, DE LA LANDE, V. ZACH u. a.

Beobachtungsort.	Polhöhe.		Pendellänge in paris. Lin.	Namen des Beobachters.
Spitzbergen	79°	50′	441,40	Lyons
Pello (in Lappland)	66	48	441,17	—
Upsal	59	2	440,91	—
London	51	31	440,60	Graham
Gotha	50	56	440,66	v. Zach
Paris	48	50	440,57	Mairan
Wien	48	12	440,56	Liesganig
Genf	46	12	440,17	Mallet
Rom	41	54	440,28	Jacquier
Cairo	30	2	440,25	Chazelles
Jamaika	18	0	439,44	Campbell
Pondichery	11	56	439,26	le Gentil
Portobello	9	33	439,08	Godin
Panama	8	35	439,20	—
Cayenne	4	56	439,22	Richer
Quito	0	25	438,82	Bouguer
Rio Jama	0	9	438,82	—
Auf d. Pichincha d. i. 14604 über dem Meere	0	25	438,69	—

Hieran schliefst sich folgende Uebersicht der Fallräume in der ersten Zeitsekunde auf den verschiedenen Weltkörpern unseres Sonnensystems und der Umlaufsgeschwindigkeiten in einer Zeitminute, die Umlaufsgeschwindigkeit in einer Minute (die 415 französische Meilen beträgt) = 1 gesetzt. Die anzuzeigendenden Fallräume sind jene, welche unter 35° 15′ 52″ geogr. Breite (zu welcher der mittlere Halbmesser der Erde = 19108122 paris. Fufs gehört) statt haben würden; die Geschwindigkeiten sind die des Umlaufs jedes der Planeten um die Sonne, und des Mondes um die Erde, bei mittlerer Entfernung.

Namen des Weltkörpers.	Fallraum in 1″ auf demselben in paris. Fuss.	Umlaufsgeschwindigkeit.
Sonne	398,44	
Merkur	12,63	1,607
Venus	14,95	1,175
Erde	15,11	1
Mars	5,81	0,812
Vesta	0,73	0,624
Juno	2,13	0,609
Ceres	2,85	0,607
Pallas	3,64	0,607
Jupiter	40,36	0,428
Saturn	14,04	0,322
Uranus	12,73	0,228
Mond	2,75	0,033

Ueber die Pendellängen anderer Orte vergl. man Bode's Kenntnifs der Erdkugel, S. 85.

14) Galilei erfand die Lehre vom einfachen Pendel gleichzeitig mit derjenigen von der Schwere, vergl. §. 47. N. 2.; Huyghens erweiterte sie, machte davon 1656 wichtige Anwendungen zu Verbesserungen der Uhren, und ward Erfinder der Pendeluhren. Er bestimmte vermittelst des Pendels die Beschleunigung der Schwere,

und setzte so die §. 49. N. 1. angegebene Fallhöhe von einer Secunde fest. Ueber das Verfahren bei Bestimmungen der Art, vergl. man oben u. KARSTEN's Anfangsgr. der Naturl. §. 94. und GREN a. a. O. §. 264. Auch schlug er die Länge des einfachen Secundenpendels zu einem allgemeinen Fufsmaase vor, so dafs der dritte Theil dieser Länge ein Fufs sein sollte; ein Vorschlag der im Allgemeinen nicht ausführbar schien, weil späteren Beobachtungen gemäfs, die Länge des Secundenpendels unter verschiedenen geographischen Breiten verschieden ist. Vergl. HUYGHENS a. a. O. Bei einer guten Pendeluhr, insbesondere bei den astronomischen Uhren, mufs die Vorrichtung, (die Gewichte) wodurch das Räderwerk (welches mittelst Zeiger und Zifferblatt zum Zählen der durch die isochronischen Schwingungen des zusammengesetzten Pendels erhaltenen gleichen und in ununterbrochener Folge eintretenden Zeitabschnitte dient) mit dem Pendel in Verbindung gebracht wird, so eingerichtet sein, dafs das Pendel völlig frei schwingt, die Schwingungsbogen des letzteren müssen sehr klein sein, und die Länge desselben stets dieselbe bleiben. Die Gewichte dienen zugleich dazu, das Pendel bei jedem Schwunge etwas anzutreiben.

15) In neueren Zeiten hat STEINHÄUSER sich bemüht zu zeigen, dafs der HUYGHENSsche Vorschlag unter gewissen Abänderungen allerdings ausführbar sei, und dafs ein darnach eingerichtetes Maafs- und Gewichtssystem richtiger als das neufranzösische und demselben schon aus diesem Grunde vorzuziehen sei; vergl. STEINHÄUSER's Abh. im D. Gewerbsfreunde III. S. 137. u. ff. 145. u. s. f. STEINHÄUSER zeigt hier, dafs das neue französische Maafssystem 1) nicht auf allgemeine Triebfedern der Natur, wie z. B. Zeit, Fliehkraft, Schwere etc. (von denen Gestalt und Gröfse der Erde abhängig ist) gebaut ist; 2) dafs die Grundeinheit (der Umfang eines Quadranten des Meridians) eine das Fassungsvermögen der meisten Menschen übersteigende Gröfse und so

schwer auszumitteln sei, dafs über die Richtigkeit der Messung stets Zweifel bleiben müfsten, wie denn auch z. B. die Gröfse des Meter aus den Gleichungen, die KLÜGEL aus allen ihm bekannten Gradmessungen folgerte, noch ziemlich abweiche von den Ergebnissen der französischen Gradmessung, und dafs man die Gröfse des Grundmaases immer auf Treu und Glauben der französischen Mefskünstler (die keine Zeugen fremder Nationen bei ihren Arbeiten hatten) annehmen müsse, 3) dafs alle dergleichen Messungen nach einem schon gegebenen Längenmaafse vollbracht worden sind, welches letztere mithin das eigentliche Fundamentalmaafs sei; 4) dafs nur in Frankreich das Originalmaafs ihres Maassystems statt finden könne, und es unbillig sei, die Messungen des Erdumfangs anderer Völker zu verwerfen und von diesen zu fordern, dafs sie Nachahmungen statt Eigenmaafse anerkennen sollen; 5) dafs zwischen den Grundeinheiten und den Ableitungen des französischen Maassystems gewaltige Sprünge statt haben müfsten, um von einer Einheit auf die andere zu kommen; z. B. setzt man den Quadranten eines Meridians, als die eigentliche Grundeinheit, $= 1$, so ist das Meter $= 0{,}0000001$, die Are $= (0{,}0000001)^2$, die Steere $= (0{,}0000001)^3$, das Litre $= (0{,}0000001)^3$, das Gramme das Gewicht des Wassers von $(0{,}000000001)^3$ und dieses 5 mal genommen das Gewicht des Frank; 6) dafs die französische Eintheilungsart zwar gut stimme mit den gewohnten decadischen (den Chinesen schon seit den ältesten Zeiten bekannten) Rechnungen, aber nicht mit unserer Fähigkeit Maafse genau einzutheilen, weil man, wenn man die Maafseinheiten nach diesem Systeme in regelmäfsige Formen, deren jede 10 mal gröfser als die nächste ist, bringen wolle, man fast auf lauter Irrational-Gröfsen stofse, die weder genau darzustellen, noch — schon dargestellt — genau sich messen liefsen. STEINHÄUSER zeigte hierauf, dafs man allen diesen Einwendungen begegne, wenn man die Länge des wahren Secundenpendels unter der

mittleren Polhöhe ($= 45°$) zur Grundeinheit annehme. Um die Unterschiede der Pendellängen, wie die Erfahrung sie giebt; zu berechnen, bediente sich St. jenes Weges, den Lambert in seinen Beiträgen über die Zuverläſsigkeit der Pendel-Versuche vorschlägt, darum, weil Laplace seine Formel durch Bedingungsgleichungen gefunden, Pasquich aber das Wachsen der Pendellängen a priori gesucht und solche auf die Erfahrung angewendet habe. Hiedurch fand Steinhäuser, daſs für die Länge des wahren Secundenpendels die Formel $L = 440{,}3505 - 1{,}2448 . \text{Cos. } 2\,\lambda$ alle genauere Messungen bis auf wenige Hunderttheile einer Linie wieder herstelle. Diese giebt nun die Pendellänge unter der mittleren Polhöhe zu 440,35 Pariser Linien, die unter dem Aequator um 1,2448 Linien kleiner, die unter den Polen aber um eben so viel gröſser. Folglich weichen die nördlichsten und südlichsten Beobachtungen nur um $\frac{125}{44035}$ der ganzen Länge von der mittleren Länge des W. Secundenpendels ab, und dieser Fehler wird auf $\frac{5}{44035}$ vermindert, wenn man sie durch Rechnung verbessert. Bezeichnet man die mittlere Pendellänge, als das Fundamentalmaaſs, mit l, so ist $L = l\,(1 - \frac{1{,}2448 \text{ Cos. } 2\,\lambda}{440{,}3505}) = l\,(1 - \frac{\text{Cos. } 2\,\lambda}{354})$. Daher kann an jedem Orte, ohne ein anderes Maaſs als Vergleichungsmittel zu gebrauchen, die mittlere Pendellänge aus der beobachteten L gefunden werden durch die Gleichung $l = \frac{354\,\alpha}{354 - \text{Cos. } 2\,\lambda}$. Nimmt man nun den 10ten Theil der mittleren Länge des wahren Secundenpendels, welcher 34,035 paris. Linien beträgt, als Längeneinheit an, (diesen in 4 Zoll, in 8 Fingerbreiten, in 64 Linien und in 512 Punkte theilend), so giebt diese doppelt genommen eine Hand- oder Gesichtslänge, dreimal genommen den alten Römischen Fuſs und sechsmal genommen die Elle; ferner 8 mal genommen erhält man die Länge des gemeinen Schritts, 10 mal (= der mittleren Länge des w. Secundenpendels) den Stab, 16 mal die mittlere

Länge eines Mannes, 20 mal die Länge des Lachters, 64 mal die der Ruthe, welche mit der Tertie vom Umfang der Erde übereinstimmt. Rechnet man 512 Ruthen oder 4096 Schritte auf die Stunde Weges oder lieue, 1028 Ruthen aber auf die Meile, so gehen auf die Minute vom Umfang der Erde 4 Meilen oder 8 Stunden, auf den Umfang der Erde aber 6144 Meilen oder 12288 Stunden Weges. — Die Einheit des Steinhäuserschen Flächenmaafses sind das Quadrat-Grundmaafs, der Quadratstab, die Quadratruthe von 64 Quadratschritten, das Aeckerlein oder der Scheffelaussaat zu 64 Quadratruthen, oder Morgen zu 128, das Tagewerk zu 256, der Acker zu 512, die Hufe Landes zu 4096 Quadratruthen, und bei geographischen Maafsen Quadrattertien-, Secunden-, Minuten- Stunden- Meilen. Der Grundkörper ist ein Würfel, der das Grundmaafs zu seinen Seiten hat. Er enthält 64 Körperzolle und stellt das allgemeine Maafs für trockne und flüssige Materien dar, unter der Benennung Kanne. 8 Kannen geben die Metze, 64 den Scheffel und den Eimer, 8 Eimer das Fafs oder Malter, 8 Fafs das Lagerfafs oder Wispel (zu 64 Scheffel oder 64 Eimer). Das Grundgewicht ist das Gewicht des Grundwürfels voll Wasser von $3\frac{1}{2}°$ R bei 28 Zoll Barometerstand. Es zerfällt in 2 Pfunde, 8 Mark, 64 Loth, 512 Drahmen, 4096 Afs u. f. 8 Grundgewichte geben den Stein, 64 den Zentner (ohngefähr 135 Leipziger Pfd.) als das Gewicht des Menschen. Eine Silbermünze zu $^3/_4$ fein, und 1 Loth dieses Gewichts schwer, würde den Conventionsgulden dem Werthe nach ersetzen, und am bequemsten in 8 Kopfstück 64 Kreuzer und 512 Heller zerfallen. 8 solcher Gulden würden die Pistole geben. — Da die Länge des w. Sek. Pendels vom Aequator an (aus den §. 60 anzuführenden Gründen) bis zu den Polen fast um 3 Linien auf 3 paris. Fufs und 8 Linien oder um beinahe 1 Procent wächst, so weichen die Extreme der Zu- oder Abnahme der w. Sek. Pendellänge von der mittleren

unter 45° Br. nur um 1/2 Proc. ab, und da die mittlere Polhöhe gerade mitten durch Europa geht, so können mithin jene Extreme der Beobachtungen höchstens nur um 1/400 des Ganzen verschieden sein. — Von England aus wurden 1814 die Gelehrten aufgefordert, Vorschläge für allgemeine Maase zu thun, worauf, wie zwey Engländer dem Hrn. Prof. STEINHÄUSER erzählten, ein Ausländer STEINHÄUSERS Maafsystem unter seinem Namen beim Parlamente in Vorschlag gebracht und dessen Beifall erhalten haben soll. THROUGHTON soll bereits mit Anfertigung der Quadratmaafse beschäftigt sein; Professor STINHÄUSER hatte aber sein System im Jahr 1808 und 1811 an das damalige National-Institut in Paris eingesandt, und darüber von Seiten CUVIER's und DE LAMBRE's, im Namen des Instituts belobende Dankschreiben erhalten; vergl. D. Gewerbsfr. a. a. O. S. 154. — Auch schlug STEINHÄUSER bei dieser Gelegenheit vor, die Zeit nach eben den Gesetzen als andere Maafse d. i. durch stete Bissection zu theilen; weil Zeit und Bogentheilung so genau mit einander verwandt sein, dafs man, um viele Reductionen zu ersparen, beide auf einerley Weise theilen müsse, und dafs, da man von der Theilung des Tages in 24 Stunden und von einer ähnlichen Bogentheilung, die mit der Theilung des Quadranten in 96 Grade zusammenhänge, nicht abgehen könne, auch die Theilung der Zeit diesen Grundsätzen gemäfs vollbracht werden müsse; a. a. O. 157 und oben §. 21. Bem. 7.

16) Durch den Widerstand der Luft, wird endlich jedes schwingende Pendel nach und nach durch Verkleinerung der Bogen zur Ruhe gebracht; (vergl. §. 58. N. 2.) indem die Dauer des Niederganges etwas länger und und die des Aufsteigens etwas kürzer wird, welches sich gegenseitig rücksichtlich der Geschwindigkeit einzelner Schwingungen so ziemlich ausgleicht, und deshalb keine Correctur des Secundenpendels nöthig macht. Wohl aber wird diese durch die hydrostatische Wirkuug der Luft, von der wir in der Folge handeln werden,

nothwendig; indem diese das Gewicht des Pendels und mithin die Gravitation desselben um so viel vermindert, als das Gewicht jenes Luftquantums beträgt, welches die Pendelmasse aus der Stelle treibt. Daher mufs der beobachteten Pendellänge noch etwas zugesetzt werden, um die Länge des im leeren Raume Secunden schwingenden Pendels zu finden. Eben so ändert auch die Wärme (durch Ausdehnung) die Länge des Maafsstabes, man mufs daher entweder bei gleichen Temperaturen die Pendelschwingungs-Beobachtungen vornehmen, oder die Pendel aus Massen verfertigen, die sich bei verschiedenen Temperaturen wechselseitig durch Verkürzung und Verlängerung compensiren; dahin gehören die rostförmigen oder galgenartigen Pendel Graham's und Romain's, aus eisernen und kupfernen Stäben, oder besser aus Stäben von Eisen und Zink. Eines der vorzüglichsten Rostpendel ist das Harisonsche, welches einem anderen neuerlichst durch C. Troughton erfundenen, Schnitters Untersuchungen gemäfs vorgezogen zu werden verdient. Vergl. Bode's Astron. Jahrb. für d. J. 1810. S 184 u. Gilbert's Ann. XXV. 36. Eine andere Berichtigung der Länge des Secundenpendels besteht in der Bestimmung derjenigen Abweichung die durch die Gröfse der Schwingungsbogen verursacht wird; vergl. oben. Uebrigens erhält man die Fallhöhe der ersten Sek. eines Ortes, wenn man die halbe Länge des wahren Sek. Pendels des Orts mit 9,869604 multiplicirt; m. Grundzüge S. 135. ff.

17) Wirkt gleich anfänglich eine mechanische Stofsgewalt auf das Pendel (oder den fallenden Körper) so wird sie die Fallgeschwindigkeit um eine bestimmte Gröfse gleichförmig beschleunigen, wirkt hingegen vereint mit der Schwere eine andauernde Zuggewalt von der Erde aus, z. B. Erdmagnetismus gegen eiserne Pendel, so wird das Pendel auch durch diese einwirkende Zugbestimmung um eine der Zuggewalt entsprechende Gröfse gleichmäfsig beschleunigt werden; vergl. oben S. 180.

F) Von der Verminderung der Schwere und den daraus folgenden Veränderungen ihrer Beschleunigung.

§. 60.

Durch die Umdrehung der Erde um ihre Axe erhalten ihre Massentheile eine Fliehkraft (vergl. §. 36.), deren Richtung gegen die Axe der Umdrehung senkrecht geht, die daher unter dem Aequator, wo die Erde bei ihrer Drehung die gröſsten Kreise beschreibt, am gröſsten sein, gegen die Pole zu, wo jene Kreise kleiner werden, abnehmen, und in den Polen selbst vollkommen verschwinden muſs. Es verhält sich diese Fliehkraft unter dem Aequator zur Schwere daselbst, wie 1 : 289; sie vermindert die Schwere, dort wo sie ihrer Richtung gerade entgegengesetzt ist, d i. unter dem Aequator am stärksten; weniger dort, wo sie der Schwere schief entgegen und mithin nur einem Theile derselben direct entgegen wirkt, d. i. in gröſseren Breiten nach den Polen zu, und am wenigsten in der Polnähe. Die Verminderung welche die Schwere hiedurch an verschiedenen Orten erleidet, verhält sich überhaupt zu jener, welche sie unter dem Aequator erfährt, wie das Quadrat des Cosinus der Breite des Ortes zum Quadrate des Halbmessers der Erde. Vergl. de la Lande a. a. O. §. 459.

Bemerk. 1) Dieser Verminderung zufolge werden das Gewicht der Körper, der freie und der beschränkte Fall und die Pendelschwingungen, an den verschiedenen Orten der Erde entsprechende Veränderungen erleiden. Was das Gewicht der Körper und die Bestimmung der Dichtigkeitsverhältnisse betrifft, so kann dieses deshalb in den Beobachtungen keinen Unterschied machen, weil die Masse der Waage und die zu vesglei-

chenden Gewichtseinheiten, in demselben Maase vermehrt oder vermindert von der Schwere gezogen werden, als die zu wägende Masse selbst; bei der Bestimmung der Fallhöhe hingegen mufs die Wirkung der Fliehkraft berücksichtigt werden, welche Berichtigung indefs sehr leicht mit Hülfe der für den Beobachtungsort gegebenen Secundenpendellänge statt finden kann; diese Länge mufs dann aber jene Berichtigung bereits erfahren haben. LALANDE (a. a. O.) hat diese Berichtigung vorgenommen, und in einer Tafel für verschiedene Orte der Erde, den Zusatz in Linien ausgedrückt angegeben, welchen die beobachtete und bereits auf die §. 59. angeführten Weisen berichtigte Pendellänge erhalten mufs, um die wahre Länge eines Secundenpendels zu haben, welches durch die Fliehkraft nicht mehr verändert wird (und das mithin der Länge eines Secundenpendels entspräche, welche statt finden müfste, wenn die Erde ruhete). Unter dem Aequator beträgt dieser Zusatz 1,53 Lin. paris.; zu Paris 0,67 Lin. par. und zu Pello in Lappland 0,24. Um diesen Zusatz zu finden, multiplicirt man das Verhältnifs der Schwungkraft zur Schwere unter dem Aequator $\frac{1}{289}$, mit dem Quadrate des Cosinus der geographischen Breite des Ortes, und setzt die gefundene Quantität der beobachteten Pendellänge zu.

2) Bringt man daher ein und dasselbe Pendel z. B. von Pello in Lappland in die Aequatornähe, so wird es je näher dem Aequator um so langsamer schwingen, und hier verkürzt werden müssen, wenn es isochronisch schwingen soll. Dieses erfuhr RICHER zuerst auf seiner Reise nach Cayenne (1 Grad 56 Minuten vom Aequator) im Jahr 1672 (vergl. obs. astronom. et phys. faites a Cayenne. Paris 1673. fol.); sein Pendel das in Paris täglich 86400 mal geschlagen hatte, schlug in Cayenne nur 86280 mal, und mufste daher um $1\frac{1}{4}$ Linie verkürzt werden, wenn es wie zu Paris Secunden schlagen sollte. Das Pendel des MAUPERTUIS hingegen schlug zu Pello (24 . 60 . 60 =) 86400 mal, während es in Paris in einem Sternentage 86341 mal geschlagen hatte.

3) Der mittlere Halbmesser der ellipsoidischen Erde = 19 108 122 paris. Fufs, findet sich unter 35° 15′ 52″ geogr. Breite, und hier ist mithin auch die Schwere die mittlere, mit einer Fallhöhe von 15,0778 par. Fufs in der Secunde. Ruhete die Erde, so würde sie = 15,1127 paris. Fufs in 1 Sec. sein, und in diesem Falle würde das wahre Secundenpendel unter dem Aequator um 1‴,53 und unter 60° geogr. Breite um 0‴,38 länger sein, dort mithin 440,75 hier 441,30 par. Linien betragen; eine Längenverschiedenheit, die aus der etwa $\frac{1}{304}$ betragenden Abplattung der Erde (§. 68. B. 2. a.) entspringt. Erläuterung der Abplattung durch Versuche mit der Schwungmaschine. Messung bestimmter Theile von Erdmeridianen und darauf gegründetes neues französ. Maafssystem; vergl. oben Bem. 15. u. m. Grundzüge a. a. O.

§. 61.

Aus seinen Untersuchungen über die Gravitation des Mondes gegen die Erde, leitete Newton das Gesetz ab, dafs die Schwere im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernungen stehe; vergl. §. 52. N. 4. Da nun die Erde eine sphäroidische Gestalt hat, und an den Polen abgeplattet ist, so wird auch noch aus dieser Ursache, unabhängig von der Fliehkraft, ein schwerer Körper unter dem Aequator, wegen der gröfseren Entfernung vom Mittelpuncte der Erde eine geringere Beschleunigung haben, als gegen die Pole zu (den verschiedenen Gradmessungen zufolge, setzt man jetzt das Verhälnifs der Erdaxe zum Durchmesser des Aequators = 303 : 304 fest). Die Länge des (einfachen) Secundenpendels bedarf daher auch nach den übrigen bereits angegebenen Correctionen, noch einer Berichtigung, indem sie aus obigen Gründen unter dem Aequator kleiner sein und nach den Polen hin in den gröfseren Breiten zunehmen wird.

Bemerk. 1) Das obige Gesetz der Schwere wurde eigentlich von Kepler ausgesprochen, aber mit dem Bestreben es zu widerlegen, weil er es in der Natur für nicht gegründet hielt. Vgl. ejusd. de motibus stellae Martis. Cap. XXXVI. und dessen Harmonie der Welten, n. oben §. 11. Bem. 4. — Ueber die Abplattung der Erde s. v. Lindenau's Bestimmungen in d. Mon. Corresp. 1806. Aug.

§. 62.

Noch eine dritte Verminderung erleidet die Beschleunigung der Erdschwere durch die Gravitationen der übrigen Weltkörper, besonders der Sonne und des Mondes. Verschiedene Phänomene zeugen von dieser Verminderung, unter allen sind aber für die Beobachtung auf der Erde die der Ebbe und der Fluth am meisten in die Augen fallend, und vorzüglich geschickt jene Verminderung oder Schwächung der Wirkungen der Erdschwere, zur bestimmten Zeit und für den bestimmten Ort nachzuweisen.

Bemerk. 1) Bei den §. 59. N. 13. angegebenen Längen des Secundenpendels unter verschiedenen Breiten, ist auf sämmtliche Verminderungen der Beschleunigung der Schwere so gut wie möglich Rücksicht genommen.

2) An den Küsten des Oceans (vorzüglich) bemerkt man eine periodische Ab- und Zunahme des Wassers, die unter der Benennung Ebbe und Fluth bekannt ist. Binnen 24 Stunden wechselt sie ohngefähr 2 mal, und zwar unter einerlei Meridian so ziemlich auf gleiche Weise. Jeden Tag tritt dieser Wechsel an demselben Orte fast $\frac{3}{4}$ Stunden später als den vorhergehenden Tag ein. Das ganze Meer wird dadurch in Bewegung gesetzt: das Wasser fliefst den Küsten zu wo die Fluth beginnt und wächst, und strömt von denen abwärts, an welchen die Ebbe eintritt. Ist an einem Orte eines Meridians Fluth, so ist in einer Entfernung von 90° zu beiden Seiten Ebbe, und 90° weiter oder unter dem

entgegengesetzten Meridian ebenfalls Fluth; woraus folgt, dafs Ebbe und Fluth mit ihren verschiedenen Abstufungen auf der ganzen Erde gleichzeitig zweimal in 24 Stunden statt finden. In der Aequatornähe ist diese Veränderung am stärksten, in höheren Breiten nimmt sie ab, bis sie sich endlich ganz verliert. An den Ostseeküsten bemerkt man keinen Wechsel der Art, wohl aber im mittelländischen Meere. Kepler (in seiner Harmonie der Welten) versuchte es zuerst, diese Erscheinung durch die Anziehung des Mondes gegen das Meerwasser zu erklären; aber so wie Kepler überhaupt sich bemühete seinen Nachfolgern zur ferneren Bearbeitung mehr die Materialien zu überliefern, als sie auch im ferneren Detail zu bearbeiten, so ward auch erst späterhin, da man die Mathematik auf die Gesetze der Bewegung anwandte, wozu Galilei, Huyghens, Hook. u. a. selbst in der Methode der Ausführung den Weg ebneten, durch Newton's gründlichen Fleifs, die Keplersche Erklärung jener Natuerscheinung bestimmter ausgesprochen, und durch Nachweisung ihrer Beziehung mit allgemein gegebenen Grundwirkungen (mit der allgemeinnen Schwere) richtiger entwickelt. Schon die Beobachtung, dafs der Gang der Ebbe und Fluth dem Laufe des Mondes folgt, und dafs die Zeit seines Durchgangs durch den Meridian mit der Zeit der Fluth übereinstimmt, jedoch so, dafs ihr höchster Stand erst einige Zeit nachher erfolgt (weil der Mond auch nach seinem Durchgange noch auf das Erdwasser einzuwirken fortfährt, und die dem Wasser ertheilte Bewegung noch eine Zeit hindurch dauert, wenn auch die sie bewirkende Ursache nicht mehr da ist), verbunden mit der Bemerkung, dafs zur Zeit des Neu- und Vollmonds (in den sog Syzigien) d. i., wenn die Sonne ihre anziehende Kraft gegen die Erde mit der des Mondes vereint, die Fluth vermehrt wird und in sogenannte Springfluth übergeht, und dafs sie umgekehrt am schwächsten ist zur Zeit des ersten und letzten Mondviertels (oder in den sog.

Quadraturen) nöthigen uns der Keplerisch-Newtonschen Erklärung beizupflichten. — Zur richtigeren Einsicht in den ganzen Vorgang, diene theils das in der nachkommenden Note (3) Ausgesprochene, theils Folgendes. Bemerken wir zunächst, dafs die Erde sich binnen 24 Stunden einmal von Westen nach Osten um ihre Axe dreht, und dafs der Mond die Erde von Westen nach Osten umläuft, und zwar so schnell, dafs Jemand auf der Erde, der ihn zur bestimmten Zeit in seinem Scheitelpuncte hat, ihn darin erst nach 24 Stunden und $50\frac{1}{2}$ Minuten (diesen Zeitraum als den mittleren zwischen dem wirklich eintretenden längeren und kürzeren Zeitverlauf genommen) wieder haben würde, daher denn die Zwischenzeit zwischen je zwei sich folgenden Fluthen = 12 Stunden und $25\frac{1}{4}$ Minute beträgt. Hätte die Erde nur Axendrehung und umlief der Mond nur die Erde, ohne dafs beide Weltkörper sich fortschreitend um die Sonne bewegten, so würde jeder Punct m (Fig. 11. Taf. I.) unter dem Aequator, wenn er den Mond im Zenith (in a.) hätte, ihn nach 6 Stunden und $12\frac{5}{8}$ Minuten im westlichen Horizonte (in b.), nach 12 Stunden und $25\frac{1}{4}$ Min. im Nadir (in d.), nach 18 Stunden $37\frac{7}{8}$ Min. im östlichen Horizonte (in c.) und nach 24 Stunden und $50\frac{1}{2}$ Min. erst wieder in a haben. Der Grund aber, warum zwei nacheinander folgende Fluthen selten über der zwischen ihnen eintretenden Ebbe gleiche Höhe erreichen, ist theils darin gegeben, dafs der die Erde umlauffende Mond nicht im Aequator bleibt, theils in dem störenden und ändernden Einflufse der Sonne, wiewohl dieselbe ihrer grofsen Masse ungeachtet dennoch weit schwächere Anziehungen auf das Meer äussert, als der Mond, da sie bei mittlerem Abstande 24096 Erdhalbmesser von der Erde entfernt bleibt. In den Syzigien wird sie daher die Fluth und Ebbe vergröfsern, in den Quadraturen umgekehrt sie vermindern, und es steht diese Wirkung von der Sonne um so mehr zu erwarten, da sie durch ihre Anziehung auf den Mond, dessen Lauf um die Erde selbst (in den

sog. Störungen) verändert. Auch dürfen wir nicht vergessen zu berüksichtigen, dafs — wenn die höchste Fluth später eintritt, als man sie erwarten sollte, (z. B an der westlichen Küste Frankreichs nicht in den Syzigien, sondern erst bei der dritten darauf folgenden Fluth, d. i. nach 36 Stunden) dieses durch den Zeitverbrauch erklärlich wird, den das Wasser nöthig hat, um dem Einflusse des Mondes (u. s. w.) zu folgen, zumal an Küsten, in Meerbusen und Meerengen. Der Einflufs der Planeten (Venus und Merkur) auf die Ebbe und Fluih, ist höchst wahrscheinlich unmerkbar. Aber so gut wie das Erdwasser als durch andere Weltkörper in seiner Erdanziehung geschwächt gedacht werden kann, läfst sich eine ähnliche Schwächung auch bei der Luft, und wenn sich einst die Ponderabilität des electrischen Fluidums durch Versuche bestätigen sollte, auch bei der electrischen Materie erwarten; woraus denn wohl zunächst der periodische Gang mancher Meteore erläutert werden könnte. In der Folge hierüber mehr.

3) In Fig. 11. bezeichne L den Mond, T die Erde und LT eine gerade, vom Mondsmittelpunkt durch den Erdmittelpunkt gezogene Linie, welche die Oberfläche der Erde bei a und d durchschneidet, in deren Scheitelpunkt (Zenith) und in deren Fufspunkt (Nadir) der Mond steht. Sind nun beide in der angegebenen Richtung, so sieht man leicht ein, dafs die Theile der Erde in a stärker als die in b und c vom Monde angezogen werden, und wäre die ganze Erdoberfläche mit Wasser umflossen, so würde dieses in a um $^1/_{30}$ mehr, in d um $^1/_{30}$ weniger vom Monde angezogen werden, als der Mittelpunkt T. Denn da die Anziehungsgröfse mit der Masse des anziehenden Körpers stets im geraden, und mit der zweiten Potenz der Entfernung (des angezogenen von anziehenden Körper) im umgekehrten Verhältnisse ist (§. 61) und mithin die Fallräume des Mondes und eines Körpers auf der Erdoberfläche im umgekehrten Verhältnifs des Quadrats der Entfernungen vom Anziehungsmittelpunkte der Erde stehen, der

Mond aber bei mittlerer Ferne von der Erde binnen einer Secunde einen Bogen von 33 Tertien durchläuft, sich mithin dem Anziehungsmittelpunkte um fast $\frac{1}{240}$ paris. Fuſs nähert, d. i. um $\frac{1}{3600}$ desjenigen Raums, den ein Körper an der Erdoberfläche in der ersten Sekunde durchfallen würde, wenn die Erde ruhete, (und der dann = 15,11 paris. Fuſs sein würde) und da ferner die mittlere Entfernung des Mondmittelpunkts vom Erdmittelpunkte 60 mal so groſs ist, als der mittlere Erdhalbmesser, und der Mond mithin bei 60 facher Entfernung von der Erde 60 . 60 weniger von der Erde gezogen wird, als ein Körper der sich nur in der einfachen Entfernung vom Erdmittelpunkte, d. i. an der Oberfläche derselben befindet, so verhalten sich die Anziehungen des Mondes gegen die Punkte a T d, wie 30 : 31 : 29. — Mithin muſs durch die Mondanziehung Störung des Gleichgewichts der Meerwasser bewirkt werden, und ruheten Erde und Mond, so müſste in a und d der höchste und in b und c der niedrigste Wasserstand sein. — Mit der verschiedenen Ferne der Sonne und des Mondes von der Erde, muſs sich übrigens auch die Höhe der Fluth ändern (Bem. 2.), daher zur Winterszeit (d. i. bei der Sonnennähe) unter übrigens gleichen Umständen höhere Fluth, und ebenso zur Neu- oder Vollmondszeit, wenn der Mond in seiner Erdnähe ist. Im letzteren Fall ist die Höhe der Fluth über dem Wasserspiegel der Ebbe um $3/20$ gröſser, als bei der mittleren Entfernung des Mondes von der Erde, welche die kleinste Erdnähe um $1/14$ übertrifft. — Beschaffenheit der Küsten und des das Meer einschlieſsenden Felsgerippes der Erde, erzeugen beim Andringen der Fluth, und beim Abzuge zur Ebbe häufig Meerstrudel und Wirbel, oftmals von heftigstem Wellenschlag und heulendem Meeres-Tosen begleitet; hieher gehören die Charybdis, der Mascaret in Dordogne, der Proroca im Amazonenfluſs, der Maelstrom in Norwegen etc. vergl. Gilberts Annal. XXXIII. 407. u. ff. Ein fester mittlerer Stand des Gleichgewichts der Oberfläche des Meeres, ist der-

selben gesichert, durch den Unterschied der Dichte des festen Erdkerns und des Wassers; die Dichte des Wassers zur Einheit angenommen, ist die der Erde überhaupt = 4,5, die des Erdkerns = 5,5; Gilberts Ann. II. 61. — Ebbe und Fluth sind übrigens die gewöhnlichen Ursachen der Strömungen des Meeres, welche durch Klippen, Felsen etc. mannichfach modificirt werden.

§. 63.

Schon auf hohen Bergen bemerkt man (mittelst des Pendels) eine Verminderung der Erdschwere, die öfters beträchtlich genug ist, um in Anschlag gebracht werden zu können. So beobachtete Bouguer zu Quito (in Peru) am Meere, die Länge des Secundenpendels; sie betrug 439''',10, während sie in einer Höhe von 2400 Toisen auf dem Pichincha nach demselben Beobachter 438''',69 war; und dasselbe Pendel, welches am Ufer des Amazonenflusses in einem Sternentage 98770 mal geschlagen hatte; machte auf dem Pichincha 50 Schwingungen weniger. Wären hier bloſs die vermehrte Fliehkraft (vergl. §. 60.) und das §. 61. aufgestellte Gesetz der Abnahme der Schwere, die Ursachen der Schwereverminderung (und der dadurch nöthig gewordenen Verkürzung des Secundenpendels); so würde man im Stande sein, nach vorangegangener Bestimmung der geographischen Breite, mittelst des Secundenpendels beträchtliche Höhen aufs genaueste zu messen; da aber auch hier noch immer die dritte im vorigen §. angezeigte Quelle der Schwereverminderung, wiewohl als geringere Ursache mit ins Spiel kommt, so könnten Höhemessungen der Art nie auf unbedingte Richtigkeit Anspruch machen.

Bemerk. 1) Wenn die Gegenziehung des Mondes (und die dreimal schwächere der Sonne) die Entstehung von Ebbe und Fluth veranlaſst (§. 62. Bem. 2.) so muſs auch durch dieselbe Ursache die Fallgeschwindigkeit der Körper auf der Erde, und mithin auch die Pendellänge periodisch für jene Gegenden der Erde vermindert werden, welche während des Umlaufs des Mondes um die Erde, sich mit dem Monde in Gegenstellung befinden, und da die höchste Fluth eintritt, wenn Sonne und Mond zur Zeit der Nachtgleichen in dem Aequator stehen, so darf man zu dieser Zeit den am meisten merklichen Einfluſs auf das (z. B. Behufs dieser Untersuchung während vielen tausend Schwingungen beobachtete) Pendel erwarten. Eben so wird auch die Gröſse, mit welcher die Erdatmosphäre von der Erde gezogen wird, mithin auch die Druckgewalt dieser Atmosphäre, zeitgemäſsen periodischen Veränderungen unterliegen, die (wenn auch geringen) Einfluſs haben werden a) auf die in der Atmosphäre vorkommenden elektrischen und chemischen Erscheinungen; b) auf die Ströhmungen der Luft; c) auf ihr Verhältniſs zu den mittelst derselben veranlaſsten Verbrennungserscheinungen; d) auf die Athmungs- und Lebenserscheinungen lebendiger Wesen und e) auf die Fortpflanzung des Schalles und der Wärme, so wie auf die Brechung des Lichts in der Luft; und da uns, in unseren nördlichen Gegenden, zur Winterszeit der Mond beim Vollicht dem Scheitel am nächsten durch den Meridian geht (weshalb wir um diese Zeit Morgens die stärkste Fluth haben) im Sommer hingegen beim Neulicht am höchsten steht (wo wir dann Abends die gröſste Fluth haben) so werden die Maxima jener täglichen Wirkungen auch zur Winters- und Sommerszeit in die entgegengesetzten Tageszeiten (im Winter einige Stunden nach Mitternacht, im Sommer einige Stunden nach Mittag) fallen. — Wieviel obige Einflüsse betragen dürften, wird sich ohngefähr angeben lassen, wenn die bei der

Ebbe und Fluth eintretende Aenderung der Gröſse um welche der Mond und die Sonne die Erdziehung schwächen, zuvor genau bestimmt ist; eine Aufgabe, welche die Berechnungen Bernoulli's, Maclarrin's und Euler's (vergl. die Genfer Ausgabe von Newton's Principien und Gilbert's Ann. 1808. 9 St.), Lalande's (Astronomie. IV. B.) und Laplace's (dessen Weltsystem) gelöst haben. — Eine alte Sage spricht von einer 1800 Jahre vor Christi Geb. erfolgten auffallenden Veränderung am Planeten Venus (§. 68. Bem. 2. und Cap. XII.), in deren Folge das Versinken der für fabelhaft geltenden Atlantis, und die Ueberschwemmung beträchtlicher Theile Europas eingetreten sein soll; wie jetzt die Weltkörper unseres Sonnensystems ihre Bahnen beschreiben und gravitirend wirken, ist selbst von einem Kometen, wenn er der Erde nahe käme, keine beträchtliche Aenderung jenes Unterschiedes zu befürchten, welche der Meeresstand in Beziehung auf Ebbe und Fluth zeigt.

2) Um die Höhe der Berge zu bestimmen, giebt es, ausser dem bei hohen Bergen nicht füglich anwendbaren Nivellement, (vergl. Cap. II.) vorzüglich zwei Methoden; wovon die eine in trigonometrischer Vermessung, die andere in Messung mittelst des Barometers (Cap. II.) besteht. Die bei der ersteren Methode erforderliche Standlinie, wird öfters in ihrer Messung durch die Beschaffenheit des Bodens bedeutend gehindert, und überdem macht die (weiterhin zu untersuchende) Stralenbrechung die Messung der Winkel unsicher. Die andere Methode kämpft mit nicht geringeren, in der Folge bei der Untersuchung des Luftdruckes zu berührenden Schwürigkeiten.

3) Zur Zeit als Lavoisier die Stahlsche Hypothese des Verbrennungsprocesses (der zufolge unter anderen Eigenschaften auch die Brennbarkeit der Körper von einem eigenthümlichen fast unkörperlichen Wesen, dem Phlogiston begründet seyn sollte) durch neue Untersuchungen unterstützt verwarf, oder wenigstens sehr

stark berichtigte, versuchten es einige Anhänger der Stahlschen Lehre, die von Lavoisier gründlich bestrittene Existenz des Phlogistons zu sichern, indem sie demselben *negative Schwere* zuschrieben. Sie behaupteten daher, dafs bei der (in der Folge näher zu untersuchenden) Verbrennung, mit dem Entweichen des die Brennbarkeit begründenden Phlogistons, das Angezogenwerden des Verbrennenden oder Verbrandten von Seiten der Erdschwere vermehrt und befördert werde, woraus die Vergröfserung des Drucks und somit des absoluten Gewichts der Verbrennungsproducte folge; Vergröfserungen die Lavoisier nur von der Verbindung des brennbaren Körpers mit einem Theil der umgebenden Luft (mit dem Sauerstoffe derselben), seinen Versuchen gemäfs ableitete. Es betrachteten daher jene Physiker das Phlogiston als eine die *Erdschwere vermindernde* Potenz, und ohnerachtet diese und ähnliche Vermuthungen sich nicht bestätigt haben, sondern vielmehr von mehreren Seiten widerlegt wurden; so verdient dennoch die zum Grunde liegende Idee, als scharfsinnige Hypothese hier eine geschichtliche Erwähnung.

4) Dafs *Wärme* (wie *Licht*) der *Gravitation* nicht merklich entgegenwirken, dafür spricht die Beobachtung: dafs *Pendel* aus ungleichartigen — also auch ungleiche Mengen *gebundener Wärme* (und gebundenen *Lichts*) enthaltenden — Materien, *gleichzeitig* schwingen, wiewohl einige Beobachter gefunden haben wollten, dafs *erhitzte* Körper an sich leichter werden, auch abgesehen von der ihnen werdenden Verminderung ihres specifischen Gewichts, durch Vergrösserung ihres Rauminhalts; s. weiter unten Cap. VI.

G) Von den Bewegungen, Massenverhältnissen und Beschaffenheiten der Weltkörper.

§. 64.

Den vorhergehenden Untersuchungen zufolge (vergl. §. 37. ff. §. 48. Bem. 1. §. 51. Bem. 2. u. §. 52. ff.)

wirkt bei jedem geworfenen Körper die Wurfkraft der Schwere so lange entgegen, bis sie von derselben aufgehoben den Körper in einer halben oder ganzen Parabel wieder zur Erde zurückkehren läſst; dieses kann aber nur bei einer so geringen Wurfkraft der Fall sein, als jene ist, welche den Körper zu einer gewöhnlichen Höhe treibt, von wo aus dessen Rückkehr in der Steigrichtung paralleller Richtung statt findet. Denken läſst es sich indeſs, daſs diese Richtung nicht parallel, sondern auf den Mittelpunkt der Erde gehend, bei sehr groſser Bogenweite wirklich convergirend erscheine, ein Fall der eintreten würde, wenn der Körper in hinreichender Erhöhung von der Erde horizontal geworfen worden wäre. Er würde dann eine in sich selbst zurückkehrende Bahn beschreiben und eine Centralbewegung um die Erde herum erhalten, die derjenigen ähnlich wäre, welche der Mond im Verhältniſs zur Erde wirklich durchläuft, und die überhaupt alle Trabanten und ihre Hauptplaneten, und beide um die Sonne, nach der durch alle Beobachtungen bestätigten Wahrheit der Copernicanischen Weltordnung beschreiben.

Bemerk. 1) Vergl. §. 67 bis 71. meiner Grundzüge der Physik und Chemie. Bonn 1820. 8.

2) Die Planeten oder sogenannten Irrsterne, von denen die früher bekannten sich als vorzüglich glänzende Sterne dem beobachtenden Auge zeigen, erhielten ihre Benennung wegen ihrer anscheinend unregelmäſsigen Bewegung. Ihre im Verhältniſs zu den übrigen Sternen in die Augen fallende Nähe, bestimmte Ptolomäus, eine nach ihm benannte Weltordnung zu entwerfen, nach welcher sich die Planeten gleich den übrigen Sternen um die Erde bewegen sollten. Copernicus ein glücklicherer Forscher, endeckte späterhin die jetzt

allgemein für wahr anerkannte und nach ihm benannte Weltordnung, welche auf unser Sonnensystem angewendet, die Sonne als denjenigen Weltkörper betrachtet, um den sich sowohl die Erde als auch die übrigen Planeten, nebst ihren Begleitern (Monden oder Trabanten) bewegen; vergl. §. 11. N. 2. und die das Copernicanische Sonnensystem genannt wird. Tycho de Brahe's (eines berühmten Astronomen) Bemühungen beide Weltordnungen in einer dritten zu vereinigen, waren fruchtlos; s. oben S. 33.

3) Gleichwie Ptolomäus (der im 2ten Jahrhunderte lebte) dachte sich Tycho de Brahe (im 16ten Jahrhundert lebend) die Erde als unbeweglich in Mitten der übrigen Weltkörper, welche dieselbe in verschiedenen Kreisen (von welchen dem Monde der kleinste zugewiesen wurde) umlaufen, täglich den ganzen Umlauf vollendend. Ausser dieser gemeinschaftlichen Bewegung mit der Sonne und den Fixsternen um die Erde, sollten die Planeten Mercur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn (nur diese waren damals bekannt) eine zweite um die Sonne haben, und beim Mars, Jupiter und Saturn sollte diese zweite Bahn so grofs sein, dafs sie auch jene um die Erde mit einschliefst. etc. Diese zweite den Planeten zugestandene Bewegung, nahm Ptolomäus nicht an. Copernicus (zur Zeit des Tycho sehr angefochtenes) System, wurde erwiesen durch die von Kepler und späterhin von Newton entdeckten Gesetze der Gravitation, mit denen die Tychonische Ansicht unvereinbar ist, wenn man der Natur nicht Gewalt anthun will. Auch die Abplattung der Erde (§. 68. Bem. 2. a.) und die östliche Abweichung eines aus beträchtlichen Höhen herabfallenden Körpers von der lothrechten Linie, sind nur durch die Axendrehung der Erde erklärbar und würden bei der ruhenden Erde nicht haben stattfinden können; vergl. §. 41. Bem. 2.

4) Merkur und Venus, die der Sonne näher sind, als die Erde, und deren Laufbahnen von der Erdbahn ein-

geschlossen werden, nennt man auch die unteren, Mars etc. hingegen die oberen Planeten.

§. 65.

Schon aus den früheren Untersuchungen (a. a. O.) folgt ferner, dafs die Wurfkraft, welche jenem schweren Körper die Centralbewegung ertheilen soll, mit seiner Masse im Verhältnifs stehen mufs, und dafs die bewegenden Centralkräfte in einem zusammengesetzten Verhältnisse aus dem geraden der schweren Massen und der Entfernungen vom Mittelpunkte, und aus dem umgekehrten des Quadrats der Umlaufszeiten stehen müfsen.

Bemerk. 1) Bezeichnen wir die Centralkräfte mit G, g, die Massen mit P, p, die Abstände vom Mittelpuncte mit D, d, und die Umlaufszeiten mit T, t, so ist $G : g = \frac{PD}{T^2} : \frac{pd}{t^2}$ vergl. §. 37. Bem. 2. und 3. und Gren a. a. O. §. 271 etc.

2) Verhalten sich die Quadrate der Umlaufszeiten wie die Würfel der Entfernungen vom Mittelpuncte der Kräfte und sind die schweren Massen einander gleich, so sind die Centralkräfte im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernungen. (Oder durchlaufen zwei gleiche freibewegliche Massen concentrische Kreise mit solcher Geschwindigkeit, dafs die 2ten Potenzen ihrer Umlaufszeiten proportional sind den 3ten Potenzen ihrer Halbmesser, so verhalten sich ihre Centripetalkräfte umgekehrt wie die 2ten Potenzen der Halbmesser, und sind mithin um so kleiner, je gröfser die 2ten Potenzen dieser Halbmesser sind.) Ist mithin $P = p$, und $T^2 : t^2 = D^3 : d^3$, so ist $G : g = \frac{1}{D^2} : \frac{1}{d^2} = d^2 : D^2$; und sind die schweren Massen ungleich, so sind im eben angeführten Falle, die Cen-

tralkräfte im geraden Verhältnisse der Massen und im umgekehrten des Quadrats der Entfernungen vom Mittelpunkte der Kräfte: G : g $= \frac{P}{D^2} : \frac{p}{d^2}$. Vergl. a. a. O.

3) Die Geschwindigkeit einer kreisförmigen Bewegung ist so grofs, als die Geschwindigkeit welche der Körper durch dieselbe Centralkraft erhalten würde, wenn sie ihn mit gleichförmiger Beschleunigung durch den vierten Theil des Durchmessers triebe. Vergl. a. a. O.

§. 66.

Denken wir uns nun dafs der Körper der eine Centralbewegung um einen anderen erhalten hat; sich bei deren Beschreibung fortwälze, so hat er ausser der allgemeineren zugleich noch eine eigenthümliche auch in sich zurück kehrende Bewegung, die ihn in dem Maafse (bei veränderlichen Anziehungen gegen den Centralkörper) gegen die einstige Vereinigung mit dem Centralkörper schützt, als sie schneller von statten geht. Die vollkommensten Belege für diese Verhältnisse, bietet uns die Bewegung der Weltkörper nach der Copernicanischen Weltordnung dar; und wir sind durch die Bemühungen eines Kepler, Newton u. a. m. in den Stand gesetzt, hievon bei der Untersuchung der einzelnen Weltkörper den gehörigen Gebrauch zu machen. Die Kraft welche diese gegenseitigen Verhältnisse begründet und sichert, ist die Schwere, die wir bisher fast nur als Gravitation der Erde auffafsten, jetzt aber im Fortgange unserer Untersuchungen, durch die Entdeckungen der genannten Naturforscher geleitet, als allgemeine Schwere oder als Anziehung der Welten erkennen werden.

BEMERK. 1) Ueber ALLIX und Anderer Einwürfe gegen KEPLER's und NEWTON's Lehre von der Gravitation mündl. Vergl. J. A. F. ALLIX Neues System des Weltalls. Aus dem Französ. von K. MURHARD. Mit 1 Kupf. Frankfurt 1817. 8.

2) Auch LEIBNITZ, WOLF, EULER, LESAGE, DE LUC u. A. glaubten nicht an eine anziehende Kraft, vorzüglich weil es sich nicht denken liefse, dafs ein Körper dort wirken solle, wo er sich nicht befinde. Treffend fragt LINK hiergegen, wo denn ein Körper wirke, wenn er den andern forttreibe? Doch offenbar in dem anderen Körper, folglich an einem Orte, wo er sich nicht befindet; LINK a. a. O. 285—286. — Auch die Schüler des CARTESIUS und GASSENDI meinten, die besseren Naturforscher würden einst durch den Stofs unsichtbarer Stoffe das erklären, was NEWTON durch Anziehung erklärt habe.

§. 67.

KEPLER's Entdeckungen zufolge, welche durch spätere Beobachtungen auf das vollkommenste bestätigt wurden, 1) bewegen sich die Planeten nicht in Kreisen, sondern in Ellipsen um die Sonne, in deren einem Brennpuncte die Sonne steht: 2) durchlaufen die Planeten mit dem aus der Sonne nach ihnen gezogenen Radius vector Flächenräume, die den Zeiten proportional sind; (oder: umspannen die in gleichen Zeiten durchlaufenen elliptischen Bogen der Planetenbahnen elliptische Sectoren, deren Flächenräume gleiche Gröfse haben und deren gemeinschaftliche Spitze der Sonnenmittelpunkt ist) und 3) verhalten sich die Quadrate der Umlaufszeiten der Planeten, wie die Würfel der mittleren Entfernung von der Sonne. Vergl. §. 36 u. 37.

Bem. 1. 2. 3. u. s. f. und KEPLER a. a. O. so wie auch in dessen: epitome astronomiae COPERNICANAE. Linc. 1618. 8., u. ejusd. Harmoniae mundi libri V. Linc. 1619. Fol. Spätere Beobachtungen bestätigten diese Gesetze auch bei den Bahnen der Trabanten um die Hauptplaneten, und der Kometen in ihren lang gezogenen Ellipsen um die Sonne.

BEMERK. 1) Was KEPLER andeutete oder aufzustellen durch eigene Beobachtungen gezwungen wurde, sprach NEWTON aus; seine von der späteren Beobachtung bestätigten Beweise zeigten 1) dafs die Planeten in ihrem Laufe durch die Gravitationskraft zurückgehalten werden, die bei den Hauptplaneten gegen die Sonne, bei den Nebenplaneten (Trabanten) gegen den Hauptplaneten gerichtet ist, um den sie ihre Bahnen beschreiben; 2) dafs diese Centripetalkraft (welche die Planeten in ihren Bahnen erhält), im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernungen von der Sonne (oder von dem Hauptplaneten wenn von Nebenplaneten die Rede ist) sowohl bei den Planeten als bei den Kometen wirkend gegeben sey; und 3) dafs die Kraft, welche Kometen und Planeten um die Sonne, und Monde um die Planeten treibt, eine und dieselbe, und wie die Schwere eine anziehende, sich immer gleich bleibende, beschleunigende sey. Vergl. J. NEWTON philosophiae naturalis principia mathematica. Londini 1687. 4. (KEPLER selbst scheint nicht sowohl eine allgemeine Schwere als vielmehr einen Weltmagnetismus, welcher die Himmelskörper durch gegenseitige Anziehung in Verbindung erhalte, als Ursache der allgemeinen Gegenziehung angenommen zu haben; vielleicht, indem er zunächst jener Anziehungen gedachte, welche auf der Erde nur zwischen Ungleichwerthigen statt finden; vergl. 46. Bem. 2. m.

und: Ueber die Umdrehung der magnetischen Erdpole und ein davon abgeleitetes Gesetz des Trabanten - und Planetenumlaufs von J. S. E. SCHWEIGGER in Briefen an W. PFAFF nebst einem Schreiben des letztern über KEPLERS Weltharmonie; SCHWEIGGER's Journ. X. I. H.)

2) Dafs jene Kraft wirklich die Schwer- oder Gravitationskraft sei, bewies NEWTON zuerst an der zur fortdauernden Bewegung des Mondes um die Erde nöthigen Kraft. Vergl. a. a. O. Der Mond, der sich ohngefähr in einer Entfernung von 60 Erdhalbmessern von der Erde befindet, fällt demnach gegen die Erde herab, oder wird von ihr gezogen mit einer 3600 mal kleineren Geschwindigkeit, als ein Körper in der Nähe der Erde. Indefs würde diese Anziehung ihn doch bald zur Erde herabbringen, wenn dies einerseits zum Theil nicht die Anziehung der Sonne (wenigstens in gewissen Stellungen) andererseits vorzüglich die Schwungkraft des Mondes selbst, verhinderte. Ein in der Entfernung des Mondes von der Erde befindlicher schwerer keine Schwungkraft besitzender Körper, würde mit einer Minutengeschwindigkeit von 15,094 paris. Fufs oder mit einer Sekundengeschwindigkeit von $\frac{15,094}{3600} = 0,00419$ zur Erde herabfallen. NEWTON schlofs ferner, dafs die Centripetalkraft des Mondes gegen die Erde auf gleiche Weise wirke, und mit dieser übereinkomme; und dafs die Schwere im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernungen stehe. Vergl. §. 61. Dieses auf alle Planeten und Trabanten angewendet, führte ihn zu seinem Systeme der allgemeinen Schwere. NEWTON a. a. O.

3) Würde ein schwerer Körper von der Oberfläche des Mondes mit einer Geschwindigkeit von 7863 paris. Fufs (in 1 Sekunde) in der Ebene, in welcher sich der Mond bewegt, in einer geraden Linie fortgeworfen, welche mit der geraden Linie nach dem Mittelpunkte der Erde einen Winkel von $10^1/_4$ Grad (oder weniger) macht, so würde der Körper die Erdoberfläche erreichen. Seine Geschwindigkeit würde durch den Wider-

stand der Luft sehr gemindert und aus dem Zusammendrücken der Luft würde Feuer erzeugt werden. Befänden sich Mond und Erde in mittlerer Ferne und ruheten sie, so würde ein mit 8244 Fufs Geschwindigkeit aufwärts der Erde zu geschleuderter Körper, dieselbe nach Verlauf von 2 Stunden 39. Min. u. 26. Sec. erreichen (und eine Geschwindigkeit von 34215 paris. Fufs mitbringen), Falls die Luft keinen Widerstand leistete. Vergl. Laplace a. a. O.

§. 68.

Um die beschleunigende Kraft der allgemeinen Schwere auf der Oberfläche der Planeten, so wie das Verhältnifs ihrer schweren Massen und deren Dichtigkeit zu bestimmen, ersann Newton folgende als Gesetze ausgesprochene, erwiesene und bestätigte Anwendungen der im vorigen §. entwickelten Gesetze und Folgerungen: (vergl. oben S. 54 ff.) 1) die Schwere auf der Oberfläche eines Hauptplaneten verhält sich wie die Schwere seines Trabanten gegen ihn, multiplicirt durch das Quadrat des mittleren Abstandes dieses Trabanten, und dividirt durch das Quadrat des Halbmessers des Hauptplaneten; oder wie der Würfel des mittleren Abstandes der Trabanten, dividirt durch das Quadrat seiner Umlaufszeit und das Quadrat des Halbmessers des Hauptplaneten, wobei die Sonne rücksicktlich der Planeten als Hauptplanet angesehen werden kann; 2) die schweren Massen der Planeten verhalten sich, wie die Würfel der mittleren Entfernungen von ihren Trabanten; dividirt durch die Quadrate der Umlaufszeiten dieser Trabanten; woraus auf den vorigen Satz angewendet folgt: dafs die Schwere auf der Oberfläche eines Planeten sich verhält, wie die

schwere Masse desselben, dividirt durch das Quadrat seines Halbmessers; und 3) die Dichtigkeit der schweren Masse eines Hauptplaneten verhält sich, wie der Würfel der mittleren Entfernung seines Trabanten, dividirt durch das Quadrat der Umlaufszeit dieses Trabanten, und den Würfel des Halbmessers des Planeten, oder wie die Schwere auf der Oberfläche des Planeten, dividirt durch seinen Halbmesser; Vergl. Newton a. a. O. u. Gren a. a. O. §. 271. ff.

Bemerk. 1) Bezeichnen wir die Schwere mit G,g, die mittleren Abstände mit D,d, den Halbmesser mit R, die Umlaufszeiten mit T,t, die schweren Massen mit P,p und die Dichtigkeit der Masse des Hauptplaneten mit Δ; so ist für das erste Gesetz $g = \frac{GD^2}{R^2}$ oder $g = \frac{D^3}{T^2R^2}$; für das zweite $P : p = \frac{D^3}{T^2} : \frac{d^3}{t^2}$ und rücksichtlich der aus der Anwendung dieses Gesetzes auf das erste gezogenen Folgerung $g = \frac{P}{R^2}$; endlich für das dritte Gesetz $\Delta = \frac{D^3}{T^2R^3}$; oder $\Delta = \frac{g}{R}$. Zufolge der elliptischen Bahn der Planeten um die Sonne ist der Abstand der Planeten von der Sonne in verschiedenen Zeiten ihres Umlaufs ungleich, vergl. §. 37. Bem. 1—2. Der gröfste Abstand heifst die Sonnenferne (Aphelium); der kleinste die Sonnennähe (Perihelium). Die Entfernung des Standortes der Sonne von demjenigen Punkte, wo sich der längste und kürzeste Durchmesser der Ellipse rechtwinklig schneiden d. i. von dem Mittelpunkte der Ellipse, heifst die Excentricität der Bahn.

2) Die Anwendung obiger Gesetze auf die Bestimmung der wirklichen Bewegungs-, Anziehungs- und Dichtigkeits-Verhältnisse der einzelnen fortdauernd in Gegenziehung begriffenen Weltkörper, gehört für die Astronomie (oder Sternengesetzkunde, von αςηρ Stern und νομος Gesetz) oder Sternkunde; hier genügt es

im Nachstehenden diejenigen Ergebnisse jener Untersuchungen (als Belege obiger Gesetze) herauszuheben, deren Kenntnifs vorzüglich für den Physiker Werth hat; wiewohl die in der sog. phys. Astronomie vergleichend zusammen gestellten Beobachtungen über die glänzenden Welten am Himmel, die Theilnahme jedes Gebildeten in Anspruch nehmen. Bevor man aber das Nachfolgende (worin durchgängig die Erde mit den übrigen Weltkörpern verglichen wird) des Durchlesens würdigt, durchlaufe man S. 138—185 m. Grundzüge der Physik u. Chemie. Bonn 1820. 8.

a) Die Erde ist keine »Kreisebene«, sondern ein um seine Pole etwas abgeplatteter Sphäroid, wie dieses hinreichend bewiesen haben α) die alltägliche Wahrnehmung; entfernte Gegenstände werden zuerst ihrem oberen Theile nach sichtbar. Ein Berg von $^1/_2$ Meile Höhe würde, wenn die Erde eine flache Scheibe wäre, schon in einer Ferne von 300 Meilen dem unbewaffneten Auge und dem bewaffneten bei einer Entfernnng von 400 Meilen (mit einer scheinbaren Gröfse von 4 Minuten) sichtbar sein, während man ihn in der Wirklichkeit nur wahrzunehmen beginnt, wenn man nur 30 Meilen davon entfernt ist; β) die Beobachtungen des veränderlichen Standes der Himmelskörper; reisen wir von Norden nach Süden, so sehen wir Sterne am nördlichen Himmel unter den Gesichtshreis gehen, während andere am südlichen Himmel über den Gesichtskreis heraufkommen. So steigt z. B. der Polarstern dem gen Norden reisenden immer höher über den Horizont, je weiter der Reisende nach Norden kommt, und umgekehrt senkt derselbe Stern sich mehr und mehr zur Nähe des Horizonts jenem, welcher südwärts reiset, bis er ihn demselben endlich unter dem Horizonte verschwindet; und so sieht man — mit einer genauen Uhr von Osten nach Westen reisend, die Sonne um so früher aufgehen, je weiter man östlich zieht, hingegen um so später untergehen, je mehr man sich in westlicher Richtung entfernt; ein Zeitunterschied, der für 360 Grade 24 Stunden und mithin für 1 Grad (zu 15 geogr. Meilen gerechnet) $^{24}/_{360}$ Stunden = 4 Minuten beträgt, a. a. O. S. 151. ff. Beide Erscheinungen erklären sich nur dadurch, dafs die Erde von Norden nach Süden, und von Westen nach Osten (und mithin zweifelsohne nach allen zwischen Norden und Osten, Osten und Süden, Süden und Westen und Westen und

Norden fallenden Richtungen, d. i. überall) gekrümmt ist; κ) der runde Schatten, den die Erde zur Zeit einer »Mondfinsternifs« auf den Mond wirft; δ) die Reisen um die Erde, deren erste FERDINAND MAGELLAN 1519 bis 1522 unternahm, dem hierin folgten: FRANZ DRAKE 1577—1580, WILHELM DAMPIER 1689 1691, GEORG ANSON 1740—1744, R. BYRON 1764—1766, WALLIS und CARTERET 1766—1769, JACOB COOK 1768—1771 (erste Reise) 1772 1775 (zweite Reise) 1776—1780 (dritte Reise), T. W. v. KRUSENSTERN 1803—1806, M. v. KOTZEBUE 1815—1818; und ε) die geometrischen Ausmessungen auf der Erdoberfläche. Schon HUYGHENS und NEWTON folgerten aus theoretischen Gründen, dafs die Erde an den Polen abgeplattet sei, auch wiesen Beobachtungen über Pendellängen nördlicher Gegenden darauf hin, indem sie die kleinere Axe (zwischen den Polen) = 229, die gröfsere zwischen dem Aequator) = 230 gaben, (§. 60. Bem. 1 u. 2.) aber bewiesen wurde die Applattung der Erde erst durch die im verflossenen Jahrhundert von den weiter unten genannten Gelehrten unternommenen (und gegenwärtig in Canada durch die englische Regierung veranlafsten) Messungen der Meridiangrade verschiedener Breiten, die man zu Stande brachte, indem man die Grenzpunkte des gemessenen Bogens durch Beobachtungen von Sternhöhen an beiden Orten bestimmte und die Messung auf der Erde durch eine Basis oder Standlinie längs der Mittagslinie (Grundzüge S. 155.), nebst einer Anzahl damit in Verbindung stehender Winkel (mittelst trigonometrischer Berechnung solcher Dreieckslinien, aus welchen sich die Entfernung der beiden entgegengesetzten Endpuncte des Grades berechnen liefs) bewirkte. Aus diesen Messungen ergab sich, dafs die Grade ein und desselben Meridians von den Polen gegen den Aequator zu abnehmen, indem man je näher den Polen einen um so längeren Weg zurücklegen mufs, um in dem Meridiane die Höhe eines Fixsterns (s. oben) um einen Grad vergröfsert (oder bei der entgegengesetzten Richtung des Reisewegs vermindert) zu sehen; woraus folgt, dafs in der Aequatorgegend, die Erde stärker gekrümmt sein mufs, als in der Polnähe. NEWTON berechnete die Gröfse der Abplattung (oder das Verhältnifs der grofsen und kleinen Axe der Erde) wie 229:230, aus dem Verhältnifs der Schwungkraft des gröfseren Aequators der Erde zu den in der Polnähe befindlichen Theilen der Erdoberfläche (§. 60.); der zufolge sich das Meer in der Aequatornähe dergestallt erheben müfste, dafs alles feste Land jener Gegenden überschwemmt würde, wenn dieses nicht

eine gleiche Erhebung hätte. Die vorhin erwähnten Gradmessungen gaben folgende Werthe:

Namen des Beobachters.	Beobachtungsgegend.	Mittlere geogr. Breite derselb.		Länge des gemessenen Grades in Toisen.
Bouguer, Condamine u. Godin (1735 bis 1744)	Peru	1°	20′	56753
de la Caille (1750)	Vorg. d. g. Hoffn.	33	18	57037
Masonet	Pensylvanien	39	12	56888
Boscowich	bei Rom	43	1	56979
Beccaria	— Turin	44	44	57069
Liesganig	— Ungarn	45	57	56881
—	— Wien	48	43	57086
de Lambre, Mechain	Frankreich	46	12	57019,5
Picard	Paris	49	23	57074
Cassini	Amiens, Dünkirchen	50	27	57092
Snellius	Holland	52	2	57145
Norwood	England	53	0	57300
Maupertuis (1736 bis 1737)	am bothnischen Meerbusen unter dem nördlichen Polarkreise	66	19	57437,9

In Ostindien angestellte Messungen gaben unter 12° 5′ Breite 56761, unter 13° 18′ Breite 56726 Toisen. Picard's und des ä. Cassini in den Jahren zwischen 1769 u. 1700 angestellte ungenaue Messungen (die ersten, welche überhaupt unternommen wurden) gaben die Polaxe sogar größser, als die Aequatoraxe, und wurden Newton's und Huyghens erwähnten Folgerungen entgegengesetzt, aber durch spätere genaue Messungen als fehlerhaft erwiesen. Bouguer's Messungen gaben das Verhältnifs der kleinen zur grofsen Axe wie 177 : 178; hiemit stimmten de la Caille's Messungen ziemlich überein, (wiewohl dieselben zu der Folgerung führten, dafs die Erde ein in der südlichen Hälfte mehr als in der nördlichen abgeplattetes Sphäroid sei, da ein mit dem Gradbogen am Vorgebirge der guten Hoffnung unter gleicher Breite in der nördlichen Halbkugel gegebener Grad beträchtlich kürzer als jener ist). Die übrigen

Gradmessungen bestätigten, dafs die Erde nicht überall gleichförmig elliptisch und ihre Oberfläche überhaupt nicht gleichförmig, sondern ungleich gekrümmt sei. Klügel berechnete aus allen bis Ende des vorigen Jahrhunderts auf der Nordseite des Aequators stattgehabten Gradmessungen den mittleren Grad des Meridians, die Halbmesser der Krümmung unter dem Aequator und in der Polnähe, das Verhältnifs beider Durchmesser und der Grade unter dem Aequator und auf dem mittleren Erdumfange, und hiernach ist — unter Hinzuziehung neuerer Berichtigungen

der Halbmesser des Aequators (oder die halbe grofse Axe) = 3271691 Toisen

der Halbmesser der Polaxe (oder die halbe kleine Axe) = 3260964 —

und diesem gemäfs, wenn man auf den Umfang des Aequators 5400 Meilen (von denen 15 auf einen Grad gehen) rechnet, beträgt die Oberfläche des Erdellipsoids 9261900 geogr. Quadratmeilen, und dessen Inhalt 2650370000 Kubikmeilen. Es ist ferner der Umfang eines elliptischen Erdmeridians (dessen 40millionster Theil die Grundlage des neuen französischen Maafses—den Meter ausmacht; s. §. 59. Bem. 15.) = 5389,7 geogr. Meilen der einer Kugel von mittlerem Durchmesser hingegen 5389,8 geogr. Meilen, woraus hervorgeht, dafs man in Fällen, wo nicht unbedingte Schärfe der Berechung gefordert wird, die Erde als eine Kugel betrachten darf, deren mittlerer (zwischen der grossen und kleinen Axe das arithmetische Mittel haltender) Durchmesser = 1715,6 geogr. Meilen, jede zu 3806,7852 Toisen = 22840,7 paris. und 23628 rheinl. Fufs gerechnet (und deren Aequatordurchmesser = 1719 geogr. Meil.) ist. Schmidt's Berechnung zufolge (Hdb. d. Naturl. II. 601. ff.) haben die Grade des elliptischen Meridians und die der Parallelkreise (m. Grundzüge S. 149.) unter nachstehenden Breiten, folgende beigesetzte Längen

Breiten.	Grade des ellipt. Merid.		Grade der Parallelkreise auf d. Ellipsoid.	Grade d. Parallelk. auf der Kugel.
0°	56728	Toisen	57101	57101
10	56739	—	56238	56234
20	56793	—	53679	53658
30	56867	—	49492	49451
40	56959	—	43802	43743
50	57056	—	36775	36704
60	57148	—	28621	28550
70	57223	—	19586	19530
80	57273	—	9947	9916
90	57290	—	0	0

Dividirt man vorstehende Zahlen durch 3806,78 (d. i. durch die Toisenzahl der geogr. Meile) so erhält man die Anzahl von geogr. Meilen, welche auf die Meridian- und Parallelgrade gehen. Für die letzteren giebt dieses, wenn auf 1 Grad unter dem Aequator 15 Meilen gehen, für nachstehende Breitengrade, die beigesetzte Meilenanzahl:

Unter	10° Breite enthält 1 Grad	14,77	geogr. Meilen.
	20	14,09	
	30	12,99	
	40	11,49	
	50	9,54	
	60	7,50	
	70	4,13	
	80	2,60	

Vergl. Schmidt a. a. O. 603—604. — Die (s. oben S. 213.) bemerkbaren »Abweichungen von der elliptischen Gestalt« sind indefs im Ganzen genommen unbedeutend, und sucht man jenes Axenverhältnifs, für welches die Summe der Abweichungen der berechneten Meridiangrade von allen bisher gemessenen ein Minimum wird, so erhält man dafür nach v. Lindenau 303 : 304. (vergl. oben §. 61.) womit denn auch jene Abplattung nahe übereinstimmt, welche aus den (von der abgeplatteten Gestalt der anziehenden Erde entspringenden) Ungleichheiten der Mondsbewegung = $^1/_{305}$ berechnet worden ist. Hiernach betrüge der Unterschied beider Axen (s. oben S. 213.) 21454 Toisen, oder ohngefähr $5^1/_5$ geogr. Meilen; Schmidt a. a. O. und v. Zach's monathl. Correspondenz 1306 6tes Heft und d. folgd. Laplace: Traité de mecanique celeste II. Bohnenberger's Astronomie (Tübingen 1811. 8.) §. 243. Klügel in Bode's astron. Jahrb. für 1787 und 1788. Ueber das französische Maafssystem s. oben §. 59. Bem. 15. — Die Abplattung der Sonne scheint = 0,052 zu sein (die Beobachtungen neuerer Astronomen deuten darauf hin, dafs die Sonne in der «Gegend ihres Aequators« abgeplattet ist). Merkur und Venus sind wahrscheinlich sehr wenig abgeplattet, beim Mars hingegen schätzt man sie auf $^1/_{16}$; bei Vesta, Juno, Ceres und Pallas haben die kleinen Durchmesser in Verbindung mit den dichten Atmosphären und den beträchtlichen Entfernungen von der Erde zur Zeit noch nicht einmal die Möglichkeit gewährt, zu bestimmen, ob diese kleinen Weltkörper (von denen der gröfste kaum der räumlichen Ausdehnung des Erdmondes gleichkommt) sich überhaupt um ihre Axe drehen; beim Jupiter dürfte die Abplattung $^1/_{14}$

und beim Saturn $^3/_{35}$ des Aequatordurchmessers betragen. Der Uranus scheint noch stärker abgeplattet zu sein, als der Saturn.

b) Nach Melanderhielm soll sich die Dichtigkeit der Atmosphäre eines Planeten an seiner Oberfläche verhalten, wie das Quadrat der Schwere fallender Körper an derselben (wenn daher z. B. derselbe Körper an der Oberfläche des Jupiter ungefähr 3mal schwerer ist, als an der Oberfläche der Erde, so mufs die Jupitersatmosphäre ohnfern der Oberfläche dieses Weltkörpers 9mal dichter sein, als die Erdatmosphäre an der Erdoberfläche ist). Wäre die Richtigkeit dieses Theorems erweisbar und könnten wir als bewiesen annehmen, dafs alle Atmosphären der Weltkörper der zwischen ihnen vorhandenen Himmelsluft (dem Aether) ihr Dasein verdankten (indem diese Luft um den Weltkörper durch dessen Schwere zur verdichteten Hülle zusammengezogen worden sei) mithin der Substanz nach überall gleich sei, so würde man leicht für jeden Weltkörper nicht nur die Dichte seiner Atmosphäre sondern auch die Höhe berechnen können, bis zu welcher sie noch Sonnenlicht reflectirt und die Phänomene der Dämmerung gewährt. Allein die Beobachtung zeigt z. B. bei den oben genannten kleinen Planeten eine verhältnifsmäfsig beträchtlich dichtere Atmosphäre als beim Jupiter, während des letzteren Fallgeschwindigkeit z. B. die der Vesta über 50mal übertrifft (oben S. 182); wir dürfen uns daher hinsichtlich der Bestimmungen der Atmosphären der Weltkörper zur Zeit nur an die Ergebnisse der unmittelbaren Beobachtungen halten. Diese geben für die Erde die Höhe der (Morgen- und Abenddämmerung gewährenden) Atmosphäre, nach de la Hire's Berechnung zu 38000 Toisen und die des Mondes (nach Schröter) so weit dieselbe Dämmerung gewährt, zu 1313 Toisen (d. i. bis auf unerhebliche Differenz 28, 94mal dünner als die Erdatmosphäre; nach Melanderhielm's Theorem müfste die Mondatmosphäre 28, 40mal dünner als die der Erde sein, wenn man mit Newton die Schwere an der Mondoberfläche im Verhältnifs zur Erdschwere wie 1 : 5,33 setzt; denn $5{,}33^2 = 28{,}40$. Hingegen würde bei der nach Laplace S. 182 angegebenen Fallgeschwindigkeit, jenem Theorem gemäfs, der Mond eine noch nicht 8mal dünnere Atmosphäre als die Erde haben; s. unten Bem. h.) Schröter entdeckte die zuvor häufig bestrittene Mondsatmosphäre in jenem grauen Streifen, welchen er bei nur theilweise beleuchteter Mondsscheibe, an der Beleuchtungsgrenze, mithin zwischen der Beleuchtung und der vollen Dunkelheit, wahrnahm. Gemäfs der Breite jenes Streifens schlofs er anfänglich auf eine 8000 Fufs paris. hohe

Mondsatmosphäre, die aber weder ihm noch anderen Beobachtern irgend eine Verdunkelung und Wolken ähnelnde Veränderung zeigte, was auf fast vollkommenen Mangel an Wasser auf der dieseitigen Mondsscheibe schliefsen läfst. Am Merkur beobachtete Schröter Lichtveränderungen, die auf Strahlenbrechung in der Atmosphäre dieses fast im Sonnenglanze verhüllten Planeten schliefsen lassen. Bis zu welcher äussersten Höhe die Venusatmosphäre «in dunkler Venusnacht» das Sonnenlicht zu reflectiren noch dicht genug ist, dürfte zu bestimmen kaum möglich sein, da wir die Dämmerung der Venus nur kurz vor und nach der Conjunction mit der Sonne, in einer geringen Elevation über dem Horizont und nur durch die helleste Abend- und Morgendämmerung unserer Erde sehen können; nach Schröter hat dieser (die uns sichtbare Venusdämmerung gewährende dichteste) Theil der Venusatmosphäre 7026 Toisen. Um den Mars bemerkte v. Hahn einen wahrscheinlich auch durch Strahlenbrechung bewirkten, und mithin auf eine Atmosphäre deutenden lichten Kreis. An dem Jupiter unterscheidet man (gewöhnlich drei) abwechselnd lichtere und dunkelere, gemeinhin westöstlich ziehende, einzelne Streifen, die untereinander fast parallel laufen, und aus den (in Form dunkler Flecken erscheinenden) Wolken hervorragende Berggipfel zu sein scheinen, die früher beleuchtet werden als die tieferen Thäler mit ihren vielleicht sehr regelmäfsigen Wolkenzügen. Saturn zeigt ausser auf Gebirgsgipfel deutbaren, der Ebene seines Doppelringes parallelen grauen Streifen, auch dunkele, veränderliche Flecken, welche grofsen Wolkenmassen der Saturnusatmosphäre ihr Erscheinen verdanken dürften. Ueber die Atmosphäre des so weit entfernten Uranus mangelt es noch ganz an Beobachtungen; seiner Fallgeschwindigkeit zufolge dürfte dem Melanderhielmschen Theorem gemäfs, die Dichte seiner (Dämmerung zulassenden) Lufthülle mit jener des Merkurs (des sich der Sonne am nächsten bewegenden Planeten) fast übereinstimmen? Die Atmosphäre der Vesta ist von einer verhältnifsmäfsig sehr grofsen Dichte, (und dadurch verhältnifsmäfsig grofsem Lichtreflexionsvermögen) scheint jedoch auch durch schwaches Selbstleuchten denen Atmosphären der Kometen sich zu nähern. Ein ähnliches Verhalten zeigen auch (jedoch in geringerem Grade) die Atmosphären der Ceres und Pallas. Die der Ceres reflectirt nach Schröter das Sonnenlicht bis zu einer senkrechten Höhe von 558856 Toisen (und dürfte ungefähr 14,70 mal so dicht als unsere Erdatmosphäre und mithin 425,63 mal so dicht als die Mondsatmosphäre sein), und

jene der Pallas bis zu einer Höhe von 374971 Toisen (wonach sie 10,13 mal dichter und höher als die Erdatmosphäre wäre). Schröter sah die Pallas sich den 1ten April 1802 ihrer nebligen Atmosphäre plötzlich ganz enthüllen, wodurch sich die Pallaskugel im heiteren ruhigen Lichte zeigte, aber schon nach 24 Stunden hatte sie ihr voriges trübes, bleiches Ansehen wieder erhalten; wie den überhaupt die Stärke der Lichtreflexion bei den sämmtlichen vier kleinen Planeten (Planetoiden, Asteroiden) beträchtlich wechselte. Die ebenfalls Lichtwechsel darbietende Atmosphäre der Juno, scheint zwar eine beträchtliche Dichte zu besitzen, zeigt aber nicht das merkwürdige, die übrigen drei Planetoiden charakterisirende kometenartige Selbstlicht.

c) Die Erde ist zum Theil mit Wasser bedeckt. Die Atmosphäre der Planeten lassen ebenfalls auf Vorhandensein des Wassers auf ihrer Oberfläche schliesſen. Die heitere wolkenleere Atmosphäre von Venus und Merkur scheinen eine geringe Wassermenge anzudeuten; der Mars dürfte hierin der Erde nahe kommen; und an Eis oder Schnee nach den Polen zu, sehr reich zu sein; schon unter 60° Breite zeigt er weiſslicht reflectirendes Eis (oder Schnee) und den Eintritt des Sommers der einen Hälfte verkünden groſse dunkle Nebel- oder Wolkenmassen; Jupiter und wahrscheinlich auch Saturn scheinen hingegen noch von Wasser umflossen zu sein aus dem hohe Berge hervorragen. Die Lichtwechsel an dem scharf begrenzt und ruhig planetarisch leuchtendem Uranus, deuten vielleicht auf Aenderungen im Wassergehalt seiner Atmosphäre? Unter den Trabanten können wir beim Monde und bei den Jupiterstrabanten (nach Schröters Beobachtungen) auf eine fast ganz trockne Oberfläche schliesſen; die Lichtwechsel einiger Saturnstrabanten laſsen hievon abweichende atmosphärische Beschaffenheiten vermuthen.

d) Die Oberfläche der Erde ist uneben und bergig, s. Cap. II. u. XII. (welche Unebenheiten indeſs gegen die Gröſse der Erde verschwinden, und nicht daran hindern sie als eine Kugel zu betrachten). Der Mercur hat nach Schröters Beobachtungen im Verhältniſs zu seinem Halbmesser 8 mal höhere Gebirge als die Erde, und die Venus steht ihm hierin mit ihrem an 4 Meilen hohen, lange Gebirgsketten bildenden Bergen wenig nach; nach Schröters Bestimmungen giebt es Berge auf diesem Planeten von 22500 Toisen Höhe. Nach denselben Beobachtungen giebt es auf dem Monde Berge von 25200 Par. Fuſs Höhe (m. Grundzüge S. 180.); d. i. verhältniſsmäſsig über 4 mal so hoch als es die Berge der Erde im Verhältniſs zu deren Gröſse sind. (Schon das bloſse Auge unterscheidet Flecken im Monde

denen die Astronomen eigene Namen gegeben haben; und die Mondkarten dienen dazu, sich über die äussere Gestalt des Mondes vollkommener zu orientiren. SCHRÖTERS Beobachtungen haben gezeigt, dafs die Mondberge theils Reihen und Bergketten, theils Ring- oder Wallgebirge bilden. Die ganze Fläche des Mondes zeigt dergleichen Ringgebirge, von denen zum Theil gröfsere in kleinere eingreiffen. In einigen derselben stehen im Innern der Vertiefung einzelne Berge, gleichsam wie Hervorragungen einzelner Felsenstücke aus einem Krater (oder vielmehr selbst konische Vulkane in grofsen Thalvertiefungen); man nennt diese Centralgebirge. Die meisten und höchsten Gebirge des Mondes befinden sich auf seiner südlichen Halbkugel; dasselbe ist bei der Erde, dem Merkur und der Venus der Fall. — (Die beste Zeit der Beobachtung des Mondes ist jene, wo der Mond noch sichelförmig erscheint, d. i. zwischen dem Neumonde und dem ersten oder letzten Viertel.)

e) Die Erde ist ein dunkeler Körper und wird vorzüglich von der Sonne beleuchtet; das Licht welches sie vom Monde erhält, ist ohngefähr 300000 mal schwächer als das Sonnenlicht, und stammt wie das Licht der Planeten überhaupt von der Sonne ab, ist also ein aufgefangenes und zurückgeworfenes oder erborgtes Licht. Bei Mercur und Venus bemerkt man durch Fernröhre nach ihrem verschiedenen Stande gegen die Sonne, Zu- und Abnahme ihres milden und schönen Lichtes. Gehen sie vor der Sonnenscheibe vorüber (durch die Sonne), so kehren sie der Erde ihre Schattenseite zu, verfinstern die Sonne und erscheinen schwarz. Jedoch hat man aus einzelnen Beobachtungen an der Nachtseite der Venus, auch auf einen schwachen Grad von Selbstleuchtung geschlossen (man erkennt nemlich manchmal den ganzen unerleuchteten Theil, als eine aschgraue, zuweilen durch röthliches Licht nordlichtartig theilweise erleuchtete Stern); etwas ähnliches zeigen die neuentdeckten Planeten (s. oben) vorzüglich die Vesta (entdeckt durch OLBERS 1807). Dieser kleinste unter den bekannten Planeten, erschien gleich bei seiner Entdeckung als ein heller Stern wenigstens von der sechsten Gröfse, während Pallas (entdeckt durch OLBERS im März 1802), Ceres (entdeckt durch PIAZZI d. 1. Jan. 1801) und Juno (entdeckt durch HARDING den 1ten September 1804) in nicht viel gröfseren Entfernungen, bei 6, 3 und 5mal gröfserem Durchmesser, kaum als Sterne der 7ten und 8ten Gröfse erschienen; und ohnerachtet dieses lebhaften Lichtes, erscheint die Vesta in den besten Fernröhren, nur wie ein fast nicht mehr sichtbarer Fix-

sternenpunct von noch nicht $^1/_2$ Secunde im Durchmesser. Schröter vermuthet daher wohl mit Recht hier einen zum Theil selbstleuchtenden Planeten zu haben; wahrscheinlich steht er in dieser Hinsicht zwischen den übrigen Planeten und den selbstleuchtenden Kometen ohngefähr in der Mitte. (Olbers vermuthet mit vieler Wahrscheinlichkeit, daſs die vier neuentdeckten Planeten einem in viele Trümmer zerborstenem, ehemaligen Planeten angehören (dessen übrigen Bruchstücke theils noch zu entdecken sind, theils als Meteorsteine zur Erde u. s. w. kommen) weil sie sehr klein sind, und fast gleiche mittlere Entfernung von der Sonne haben. Bei dem Mars hat man ähnliche Beobachtungen wie beim Mercur und Venus über die Ab- und Zunahme seines röthlichten Lichtes gemacht. Jupiter unter allen Planeten der gröſste und glänzendste, Saturn und Uranus (entdeckt durch Herschel 1781) zeigen uns Verfinsterungen ihrer Trabanten, die wie unsre Mondfinsternisse durch den Schatten der Hauptplaneten hervorgebracht werden. — Zu erkennen ist unter allen Planeten die Venus am leichtesten, da sie als schönleuchtender gelblich-weiſsglänzender Stern nie weit von der Sonne erscheint, ihr entweder Morgens vorangehend (Morgenstern) oder Abends folgend (Abendstern). Jedoch geben die Astronomen die Benennungen Morgen- und Abendstern auch anderen Planeten, wenn dieselben der Sonne, bei deren scheinbaren täglichen Bewegung vorangehen oder folgen. Mercur verliert sich für unser Auge häufig in den Strahlen der Sonne; Saturns Ring, und die 4 neuentdeckten Planeten, sind nur durch gute Fernröhre schaubar. Den Uranus sah Schröter wieder, nachdem er ihn mit einem 13 füssigen Teleskope beobachtet hatte, mit blossen Augen. Er zeigte stärkeres Licht, als Ceres und Pallas. Uebrigens zeichnet sich Mars durch sein röthliches Licht aus, dem hierin die Ceres entfernt ähnelt; vergl. m. Grundzüge a. a. O. Das ruhige Licht läſst übrigens die Planeten leicht von den funkelnden Fixsternen unterscheiden; selten sieht man mit unbewaffnetem Auge, ausser der Venus, zu gleicher Zeit zwei Planeten, und nie einen derselben in der nördlichen Himmelsgegend. — Auf dem nicht erleuchteten Theile des Mondes hat man zu Zeiten glänzende Puncte gesehen, die einige für Feuer der Vulkane, andere, Schröter und Bode, welche bemerkten, daſs diese Leuchtungen, sich nach den verschiedenen Stellungen des Mondes gegen die Sonne richten — für Wirkungen des reflectirten Erdlichtes halten, die auch zur Zeit unserer Sonnenfinsternisse möglich sind. Der spanische Admiral don Ulloa beobachtete den 24 Juni 1778, zur Zeit einer totalen Sonnenfinsterniſs,

eine dergleichen auffallend starke Leuchtung, und wurde davon so überrascht, dafs er wähnte, der Mond habe ein Loch, durch welches die Sonne hindurch scheine. Vorzüglich innerhalb der an 200 Quadratmeilen grofsen Thäler der beiden Ringgebirge des Mondes: Possidonius und Gassendus beobachtete Schröter Nebelartige Bedeckungen, welche kleine, sonst sichtbare Gegenstände zeitweise verhüllten; desgleichen sah er zwei Rinnen, oder Fahrgraben ähnelnde Vertiefungen, die eine von ohngefähr 30, die andere von 70 geogr. Meilen, von denen die eine durch ein Ringgebirg (durch einen Krater?) läuft; beide Erscheinungen ist S. geneigt, für Zeugnisse von Sammelplätzen und Beschäftigungen der Mondsbewohner zu halten. — Die von der Sonne beleuchtete Erde, erscheint den diesseitigen Mondbewohnern (mit menschlichem Auge gesehen) mit demselben Lichtwechsel, wie uns der Mond; wenn wir Neumond haben, ist für die Mondbewohner Vollerde und umgekehrt, und dieser Wechsel mufs bei der reinen Atmosphäre des Mondes, und bei der 14 mal gröfseren Erdfläche, den Mondbewohnern die Möglichkeit gestatten, die tägliche Drehung der Erde, sammt den Ländern und Meeren deutlich wahrnehmen zu können; die jenseitigen Mondbewohner sehen die Erde nie. Sähen die Bewohner des Merkur die Erde mit menschlichem Auge, so würde sie ihnen etwas gröfser erscheinen, als uns der Merkur, und denen der Venus, so grofs als uns die Venus; denen des Mars zur Zeit der Erdnähe, als Stern von $^3/_4$ Minuten im Durchmesser, und denen des Jupiter würde sie nur dem bewaffneten menschlichen Auge sich, und zwar nur von der Gröfse zeigen, mit welcher uns seine Trabanten erscheinen.

f) Man unterscheidet in der Astronomie Sterne erster, zweiter, dritter, vierter Gröfse u. s. f. Fixsterne der ersten Gröfse pflegt man solche zu nennen, die bei heiterem, aber nicht mondhellen Himmel dem blofsen Auge sichtbar werden, wenn die Sonne 12° unter dem Horizont ist; z. B. der Sirius. Zu den Sternen der zweiten Gröfse gehören diejenigen, welche sichtbar werden, wenn die Sonne 13° unter dem Horizont ist; z. B. der Polarstern und sechs von den Sternen des grofsen Bären, und so giebt jeder Grad mehr, eine neue Klasse. Mit solchen ohngefähren Bestimmungen ist man bis auf 6, oder für recht scharfe Augen bis auf 7, gegangen; mit Hülfe der Fernröhre kann man aber noch viel weiter gehen; wie denn auch wirklich mehrere Astronomen, z. B. Herschel von noch viel höheren Sterngröfsen sprechen. — Planeten, die vom Monde bedeckt werden, zeigen sich um so undeutlicher, je schwächer ihre Er-

leuchtung war; Sterne 1ter Gröfse zeigen hingegen dadurch geringere Undeutlichkeit. (Das Licht der Kometen und das eigene einiger Planeten, die Erde nicht ausgeschlossen, scheint durch das Sonnenlicht ergeugtes sog. Mitleuchtungs- oder Insolationslicht zu sein.)

g) Die Trabanten als beständige Begleiter (Satellites) bewegen sich um die Hauptplaneten und mit diesen zugleich um die Sonne. Die Erde hat an dem Monde einen solchen Begleiter. Fontana wollte 1645 zwey Begleiter der Venus wahrgenommen haben; späterhin beobachtete Cassini (1672 und 1686) einen leuchtenden Fleck an der Venus, den er als ein ungestaltetes Licht beschreibt; einen ähnlichen sternartigen Körper sah Short 1740 und 1761 Montaigne denselben ganz deutlich und bestimmte seinen Durchmesser auf 1/4 des Venusdurchmessers. Aehnliche Beobachtungen machte man auch zu Kopenhagen; Hell erklärte die ganze Erscheinung für eine optische Täuschung, und Köhler zeigte, wie eine schiefe Stellung des Oculars des Fernrohrs ein ähnliches Phänomen gewähre. Es ist wahrscheinlich dafs der Mars Trabanten hat, die wir wegen ihrer Kleinheit nicht sehen. Vier der Art entdeckte zuerst Simon Marius (gegen Ende des Novembers 1609, vergl. ejusd. mundus jovialis a. 1609 detectus ope perspicilli belgici. Norimb. 1614) und bald darauf Galilei (Opere Tom. II. p. 1.) um den Jupiter sich herum bewegend; und so wie der Mond der Erde stets dieselbe Seite zukehrt, so fand dasselbe auch Herschel bei zwei Jupitersmonden. Von den sieben Trabanten des Saturn (die man wie die Uranustrabanten nur durch starke Vergröfserung sieht) waren fünfe schon im 17ten Jahrhunderte von Huyghens und dem älteren Cassini entdeckt; (nämlich einer durch Huyghens 1655, vier durch Cassini 1671, 1672 1684) die anderen beiden entdeckte Herschel den 28ten August und den 17ten September 1789; so wie auch die acht Monde des Uranus von ihm zuerst gesehen wurden (Vgl. Bode's Astron. Jahrb. 1801 S. 231). Zwei von den letzteren entdeckte H's Schwester 1787, zwei H. 1791, und zwei 1794, und zwei, dem Hauptplaneten sehr nahe kommende ohnlängst. Ob das von Schröter bei der Pallas beobachtete Beisternchen ein Trabant dieses Planeten ist (der ihn S's Berechnung zufolge in ungefähr fünf Tagen umläuft) darüber müssen weitere Beobachtungen entscheiden. Der Mond umläuft die Erde innerhalb 27 Tagen 7 Stunden, 43 Minuten und 11 Secunden einmal; welches man die siderische Umlaufszeit des Mondes, oder auch den periodischen Monat nennt. Nach Verlauf dieser Zeit erscheint er wieder bei demselben Fixsterne, bei dem man ihn zuvor ge-

sehen hatte. Die Punkte welche er bei dieser seiner eigenen Bewegung nach und nach durchläuft, bilden am Himmel einen Kreis, welchen die Ekliptik (s. unten Bem. 11.) unter einem Winkel von 5¼ Graden schneidet. Er rückt dieser Angabe zufolge täglich um 13° 10′ 35″ von Westen nach Osten unter den Fixsternen fort, und seine gröſste Entfernung von der Erde (Erdferne, Apogaeum) beträgt ohngefähr 64,3 Erdhalbmesser oder ohngefähr 56480 geographische Meilen, während er in der kleinsten Entfernung (Erdnähe, Perigaeum) fast 48020 geographische Meilen oder ohngefähr 55,5 Erdhalbmesser (bei der mittleren Entfernung mithin 59,9 oder fast 60 Erdhalbmesser) von der Erde absteht. Bewegt sich der Mond auf seiner Bahn, zwischen Erde und Sonne (so, daſs er mit der Sonne in der Zusammenkunft oder Conjunction ist, mit ihr fast zugleich auf und untergeht), so ist seine von der Sonne beleuchtete Seite von der Erde abgekehrt, und wir haben Neumond (Novilunium); nach ohngefähr 7 Tagen erscheint er nur zur Hälfte erleuchtet und steht ohngefähr im Meridian wenn die Sonne untergeht; welches man das erste Viertel (quadratura prima) nennt. Sein Licht wächst jetzt (Luna crescens) und nach Verlauf von etwa 14 Tagen geht er auf, wenn die Sonne untergeht. Er heiſst jetzt Vollmond (Plenilunium), wir sehen seine ganze erleuchtete Seite und die Erde steht nun zwischen ihm und der Sonne, oder wie man sagt: im Gegenscheine oder in Opposition mit der Sonne. An den folgenden Abenden geht er nun immer später auf, als die Sonne untergieng; die vorhin zuerst hellgewordene Seite wird täglich dunkeler, und am 21sten Tage, wo er um Mitternacht aufgeht ist er nur noch zur Hälfte erhellt, und dieses nennt man das letzte Viertel. Sein Licht nimmt jetzt immer mehr ab (Luna decrescens) bis er nach 27—28 Tagen wieder als Neumond erscheint. Man nennt diese Lichtwechsel (oder Mondphasen, phases lunae) Mondbrüche, und sie bezeugen deutlich, daſs das Mondlicht von der Sonne abstammt. Da die Erde während dieses Lichtwechsels selbst einen Theil ihrer Bahn um die Sonne beschreibt, so kann auch die Zeit von einem Neumonde zum anderen oder von einem Vollmonde zum anderen, die sogenannte synodische Umlaufszeit oder der synodische Monat, dessen mittlere Umlaufszeit 29 Tage 12 Stunden 44 Minuten und 3 Secunden beträgt, nicht mit der zuvor angegebenen Umlaufszeit übereinstimmen. (12 synodische Monate sind = 354 Tage 8 Stunden 48 Minuten und 38 Secunden, und bilden das Mondenjahr, dessen Unterschied mit dem Sonnenjahr in der Chronologie

die Epacten genannt wird.) Der Umkreis der Mondbahn (um die Erde) beträgt 324000 Meilen, bei mittlerer Entfernung, die gröſste Entfernung von der Erde = 56500 und die kleinste = 48000 geogr. Meilen (mit einer Ungewiſsheit von etwa 29 Meilen) gesetzt. In jeder Stunde durchläuft er in dieser Bahn 500 Meilen, hingegen mit der Erde um die Sonne stündlich 14000 Meilen. Sein Halbmesser verhält sich zu dem der Erde fast wie 3 zu 11, seine Oberfläche zu jener der Erde wie 1 zu 14. Die Mondskugel ist 50 mal kleiner als die Erdkugel, jedoch verhältniſsmäſsig gröſser, als die der einzelnen Monde des Jupiter und Saturn im Verhältniſs zu ihren Hauptplaneten. Die Bahn des Mondes um die Erde würde eine Ellipse und die Erde im Brennpuncte dieser Ellipse sein, wenn er nicht durch gewisse, mit Hülfe der höheren Mechanik und Analysis zu berechnende Störungen (Perturbationes) vermöge seiner Anziehung zur Sonne, zur Venus und zum Jupiter, zu Ungleichheiten der Bewegung (inaequalitates motus) während seines Laufes gebracht würde. Aehnliche Perturbationen erleidet auch die Erde bei ihrer Bewegung um die Sonne, vorzüglich durch Venus und Jupiter und auch durch den Mond selbst, und durch mehrere der übrigen Planeten. Euler, Tobias Mayer, Mason, Bürg u. a. haben sowohl für die Bewegung der Erde und des Mondes, als auch für die Bewegung anderer Planeten und ihrer Monde Tafeln entworfen, die mit genauen Beobachtungen fast ganz vollkommen übereinstimmen. — Die Monde des Jupiter umlaufen denselben, den Beobachtungen der Astronomen zufolge:

der erste	in	1	Tag	18	St.	27	Min.	33	Sec.;
zweite	—	3	—	13	—	13	—	41	—
dritte	—	7	—	3	—	42	—	33	—
vierte	—	16	—	16	—	32	—	8	—

ihre Bahnen sind übrigens fast ganz in der Ebene der Bahn ihres Planeten. Die Umläufe der Saturnus-Trabanten (von denen die beiden nächsten [ersten] die zuletzt entdeckten sind) finden statt; bei dem

ersten	in	0	Tag.	22	St.	27	Min.	0	Sec.;
zweiten	—	0	—	32	—	53	—	0	—
dritten	—	1	—	21	—	18	—	27	—
vierten	—	2	—	17	—	44	—	22	—
fünften	—	4	—	12	—	25	—	12	—
sechsten	—	15	—	22	—	34	—	38	—
siebenten	—	79	—	7	—	47	—	0	—

Befindet sich die Erde in ihrer mittleren Entfernung vom Jupiter, so erscheinen die Trabanten, den Halbmesser des Jupiters zur Einheit angenommen, in ihrer gröſsten Entfernung ost- oder westwärts vom Jupiter, in folgenden Weiten: 5,67; 9,00; 14,38;

25,30; welche Abstände sich dem Beobachter auf der Erde unter folgenden Winkeln darstellen: 1′ 51″; 2′ 57″; 4′ 42″; 8′ 16″. Die Entfernungen der Saturnustrabanten von ihrem Hauptplaneten, in Halbmessern desselben, betragen: 2,80; 3,63; 4,50; 5,80; 8,09; 18,67; 54,20; ihre scheinbaren Abstände: 0′ 27″; 0′ 35″; 0′ 43″,5; 0′ 56″; 1′ 18″; 3′ 0″; 8′ 42″,5 bei der mittleren Entfernung der Erde vom Saturn; die Abstände und Umlaufszeiten der Uranustrabanten giebt, nach Herschel, folgende Tafel an:

		Abstand.	Umlaufszeit.
der III.	Trab.	0′ 25″,5	5 T. 21 St. 25′
— IV.	—	0 33 ,0	8 — 16 — 58
— V.	—	0 38 ,6	10 — 23 — 4
— VI.	—	0 44 ,2	13 — 10 — 55
— VII.	—	1 28 ,4	38 — 1 — 49
— VIII.	—	2 56 ,8	107 — 16 — 40

Die Abstände und Umlaufszeiten der beiden nächsten Trabanten, sind zur Zeit noch unbestimmt. Bei zu großer Annäherung verschwinden (nach H.) diese Trabanten dem Auge des Beobachters, durch das verhältnißmäßig zu starke Licht des Hauptplaneten öfters ganz; was man bei den Trabanten anderer Planeten nicht bemerkt hat. Vergl. Bode's Astron. Jahrb. f. d. J. 1801. S. 232—244. Folgende Tabelle giebt die Entfernungen der genannten Trabanten von ihren Hauptplaneten, die Durchmesser derselben und die Verhältnisse ihres körperlichen Inhalts, zu jenem ihrer Hauptplaneten und des Mondes.

	Entfernungen der Trabanten in geographischen Meilen.	Größe des Durchmes. in geogr. Meilen.	Verhältniß des körperlichen Inhalts der Trabanten zu ihrem Hauptplaneten	zum Monde
1 Jupiters-Trabant	57000	564	$^1/_{42000}$	1,2
Zweiter —	90000	465	$^1/_{74000}$	fast 1
Dritter —	144000	818	$^1/_{14000}$	1,79
Vierter —	254000	570	$^1/_{40000}$	f. 1,217
1 Saturn's-Trabant	27000	—	—	—
Zweiter —	34000	—	—	—
Dritter —	42000	105	$^1/_{4523220}$	0,224
Vierter —	54000	105	f. ebenso	—
Fünfter —	76000	255	$^1/_{311000}$	0,547
Sechster —	174000	618	$^1/_{22170}$	1,32
Siebenter —	505000	388	$^1/_{89584}$	0,829
3 Uranus-Trabant	50000	(unbestimmt.)	—	—
Vierter —	65000	—	—	—
Fünfter —	76000	—	—	—
Sechster —	87000	—	—	—
Siebenter —	175000	—	—	—
Achter —	350000	—	—	—

Der erste und zweite, die von allen Uranustrabanten dem Hauptplaneten am nächsten sind, umlaufen ihn vielleicht in Nähen von 20000 und 35000 Meilen? Ihre Gröfse ist ebenfalls noch nicht bestimmt. — Saturn ist von einem Doppelringe umgeben, dessen weifses Licht von dem kupferröthlichen des Hauptplaneten merklich absticht. Nach Herschel liegen beide Ringe in einerlei Ebene, folgende Gröfsenverhältnisse darbietend: Durchmesser des äusseren Ringes 45120 geogr. Meilen; Breite desselben 1500 g. M.; Durchmesser des inneren Ringes 44532 g. M.; dessen Breite 4316 g M.; mithin der Abstand beider Ringe von einander = 647 Meilen; vergl. damit m. Grundzüge S. 177. Der äussere Ring zeigt sich Herschel's und Schröters Beobachtungen zufolge etwas rauher und matter als der innere. Beide Ringe zeigen sich glänzender als der Saturn selbst, und bieten einzelne Lichtpunkte dar, die auf hohe Gebirgsgipfel (vielleicht auf hohe Schneebedeckungen) schliefsen lassen. Die abweichende Gestalt der Saturnuskugel (sie erscheint gleichsam verschoben) machen es, in Verbindung mit anderen Phänomenen an dem gedachten Planeten wahrscheinlich, dafs die Substanz der Ringe der Saturnuskugel zur Zeit ihrer gröfseren Weiche durch den Umschwung (vielleicht in Gasform) entführt wurde. Denn unter seinem Aequator ist der Saturn am wenigsten gekrümmt, und erst unter einem Parallelkreise von 43° 42' ist er nach den Polen hin sphäroidisch gestaltet, indem der Durchmesser seines Aequators = 35, die Chorde jenes Parallelles hingegen 36 und sein Axendurchmesser = 32 Theile ist. Herschel's Beobachtungen gemäfs scheint auch der Uranus von zwey sich kreuzenden Ringen umfafst zu sein, die ihm ein blättriges Ansehen geben, oder dasselbe vermehren, und die beim Uranus auf eine ähnliche Abweichung von der Ellipsoidgestalt schliefsen lassen, als wir sie beim Saturn wahrnehmen. — Die Ringe des Saturn scheinen von dichteren Atmosphären umflossen zu sein, sls der Hauptplanet selbst, und dürfte man es als Gesetz aufstellen, dafs die Dichten der planetarischen Atmosphären sich verkehrt verhalten, wie ihre Erleuchtungsstärken (wo dann die Dichte der Atmosphäre der Erde = 1 gesetzt, jene der Atmosphäre des Merkur = $^{1}/_{6,25}$, der Venus = $^{1}/_{2,04}$, des Mars = $^{1000}/_{441}$, des Jupiter = $^{1000}/_{3,7}$, des Saturn = $^{1000}/_{1,2}$, des Uranus = $^{1000}/_{27}$ sein würde) so würde die Dichte der Mondatmosphäre (zufolge der Schröter'schen Beobachtung, dafs das dämmernde Licht auf der Venus sich 3 mal höher als auf den Mond erstreckt) = $^{1}/_{2} \cdot {}^{1}/_{3} = {}^{1}/_{6}$ der

Dichte der Erdatmosphäre betragen; vergl. J. L Spath's Cosmogenie. Nürnberg 1815. S. 193 ff. Spath schliefst aus der Dünne der Mondsatmosphäre auf eine starke Ausdünstung auf der Mondsoberfläche (die indefs diesseits kaum Wasserhaltig sein dürfte); und auf Reifbedeckung zur winterzeit der uns zugewandten Mondseite, und leitet daraus die Erklärung der Schröterschen Beobachtung ab, dafs man den Mond in den Sommermonathen weniger klar als im Winter sehe.

h) Ohnerachtet der Mond (und wahrscheinlich alle übrige Trabanten gegen ihre Haudtplaneten, s. oben) der Erde stets eine Seite zeigt, und die andere von der Sonne nach und nach ebenfalls beleuchtete Seite, von uns nie gesehen wird, so sind doch die Gränzen zwischen beiden Hälften, wie dieses schon Galilei bemerkte, nicht immer dieselben; sondern es erscheinen vielmehr an dem Rande der uns sichtbaren Mondscheibe, von Zeit zu Zeit dunkelere Stellen der anderen Hälfte, während von den dieseitigen zuvor gesehene Flecken verschwinden, aber auch nach einiger Zeit wiederkehren. Die Astronomen nennen diese periodische scheinbare Veränderung der Lage des Mondkörpers, das Schwanken oder die Libration des Mondes; und betrachten es als den Erfolg des Winkels den die Mondbahn mit der Ecliptik macht, und seiner ungleichförmigen Bewegung um die Erde. Aus jenem Verhältnifs des Mondes zur Erde, dafs er ihr stets eine Seite zukehrt, folgert man, dafs er sich innerhalb eines periodischen Monats einmal um seine Axe drehe; indefs haben berühmte Mathematiker und Astronomen, z. B. Kepler und Wallisius aus Gründen an der Axendrehung des Mondes gezweifelt. Vergl. Lichtenberg: ob sich der Mond um seine Axe drehe? Im Göttinger Taschenkalender 1796. Laplace in s. Mecanique celeste T. II.; in der Burkhardschen Uebersetz. S. 405; und oben §. 66. Dafs übrigens der Mond von der Erde (verhältnifsmäfsig weit stärker als die Erde, von ihm) auch beschienen werde, zeigt schon die bekannte Beobachtung, dafs man ein paar Tage nach dem Neumonde, wenn der Mond wie eine Sichel erscheint, bei heiterer Luft oft die ganze Mondscheibe erkennen kann. — Wenn der Mond der Erde am nächsten ist, erscheint er uns mit einem scheinbaren Durchmesser von etwas über 33 Minuten, in der gröfsten Ferne von der Erde hingegen mit 31' 20'' scheinb. Durchmesser.

i) Bildete die Mondbahn um die Erde eine vollkommmene Ellipse und läge sie ganz in der Ebene der Ecliptik, (s. oben Bem. g) so würde der Mond bei jedem Neumonde zwischen Sonne und Erde in gerader Richtung erscheinen, uns die Sonne ver-

dunkeln, und so das Phänomen der partiellen oder totalen Sonnenfinsternifs (Eclipsis solis) oder vielmehr Erdfinsternifs gewähren; eben so würde bei jedem Vollmonde die Erde gerade zwischen Mond und Sonne treten, und dadurch partielle oder totale Mondfinsternifs (Eclipsis lunae) bewirken. Die Bahn des Mondes ist aber gegen die Ecliptik um 5° 8′ 47″ geneigt, weshalb er zur Neu- und Vollmondszeit über oder unter derselben erscheinen kann; und mithin jene Finsternisse nicht unbedingt eintreten müssen. Indefs durchschneidet die Mondbahn die Sonnenbahn (Ecliptik) scheinbar in zwey gegenüberstehenden Puncten, die man Knoten (aufsteigender Knoten nodus ascendens ☊, niedersteigender Knoten nodus descendens ☋, oder auch Drachenkopf oder Drachenschwanz) nennt, zu denen die Lage des Neu- und Vollmonds nicht immer dieselbe ist. Die Sonnenfinsternifs tritt daher ein, wenn der Mond in der obigen Stellung zwischen Sonne und Erde (zur Neumondszeit) zugleich in seiner Knotenlinie (Linea nodorum) oder nahe dabei ist. Der Mondschatten bedeckt, wenn er auch die Erde erreicht, nur einen kleinen Theil ihrer Oberfläche auf einmal, und nur den hier liegenden Orten wird die Sonne total verfinstert, die anderen Orte hingegen, die nur vom Halbschatten getroffen werden, haben nur eine partielle Sonnenfinsternifs; und die unbeschatteten gar keine. Auch wird aus gleichen Gründen, den verschiedenen Orten die Sonne nach und nach verdunkelt. und hört auch zu verschiedenen Zeiten auf. Trifft der Kernschatten des Mondes die Erde gar nicht, so entstehen die ringförmigen Sonnenfinsternisse, die an solchen Orten, über die der Mittelpunct des Halbschattens geht, zugleich central sind. — Ueberhaupt aber hat die verschiedene Entfernung des Mondes von der Erde, auf die Gröfse der Sonnen- wie der Mondfinsternisse Einflufs. Die Finsternifs erreicht die höchste Gröfse (und ist zugleich central), wenn der Mond zur Neu- oder Vollmondszeit — in dem Durchschnittspunkte seiner Bahn mit der Ebene der Erdbahn, zugleich in der Erdnähe ist. Verfinsterungen der Sonne durch den Merkur und durch die Venus zeigen die sog. Durchgänge dieser Planeten durch die Sonne; s. oben Bem. e. Kepler's Nachrichten zufolge, bedeckte Mars den Jupiter im Jahr 1591 und Jupiter den Saturn im Jahr 1563. Die Mondfinsternifs findet ebenfalls (zur Vollmondszeit) unter der Bedingung statt, dafs der Mond nahe bei der Knotenlinie seiner Bahn ist; wo dann der Erdschatten auf den Mond geworfen diesen partiel oder total verdunkelt. Der manchmal bei totalen Mond-

finsternissen bemerkte röthliche Schimmer, rührt von der in der Folge zu untersuchenden Brechung der Sonnenstralen in der Erdatmosphäre her). An allen Orten der Erde wo der Mond zur Zeit der Mondsfinsternifs sichtbar ist (wo er mithin in den Erdschatten tritt und von der Erde der Sonnenstralen beraubt oder verdunkelt wird) sieht die Mondfinsternifs gleich aus, fängt zu derselben Zeit an und hört auch zu gleicher Zeit wieder auf. Zur besseren Verdeutlichung der Sonn - uud Mondfinsternifs vergl. man Fig. 11, und denke sich im ersteren Falle die Sonne hinter L; im letzteren hinter T. — Verfinsterungen der Venus durch ihren angeblichen Mond (S. 221. Bem. g.), wie sie Rodkier's und Horrebow's Beob. in Kopenhagen und v. Montbarron 1764 zu Auxeron angestellte Beobachtungen nachzuweisen schienen, sind gleich jenem Monde zur Zeit unerwiesen; s. oben a. a. O.

k) Ursprünglich leuchtend und mit ihrem Lichte die Planeten erhellend erscheinen die Sonne und die sogenannten Fixsterne, die vermöge ihrer grofsen Entfernung von unserem Planeten stets an derselben Stelle (abgesehen von ihrer scheinbaren Bewegung) wieder gesehen werden; und zwar rücksichtlich ihrer Gröfse und ihres Glanzes sehr von einander abweichen, jedoch sämmtlich unter einem so kleinen Winkel sichtbar werden, dafs wir denselben bei den meisten nicht zu messen vermögen, und mithin ihre Gröfse mit Genauigkeit nicht bestimmen können. Denn nur bei wenigen Fixsternen erster Gröfse, vermochte Piazzi aus seinen Beobachtungen eine Parallaxe anzugeben, und nur von einigen behauptet Herschel, dafs er sie als kleine Scheibchen, also von erkennungsfähiger scheinbarer Gröfse gesehen habe. Dem ohnerachtet glänzen sie lebhaft; und dieses bürgt für ihre Selbstleuchtung, und läfst die Vermuthung zu, dafs sie auch gleich der Sonne untergeordnete Weltkörper (Kometen, Planeten und Trabanten) beleuchten, mithin eben soviel Centralkörper von eben so vielen Sonnensystemen als sie selbst sind darstellen. Die Sonne durch das Fernrohr betrachtet, erscheint vollkommen rund und scharf begrenzt, umgeben von einer leuchtenden Atmosphäre, die wahrscheinlich (Herschel und Bode zufolge) einen dunkelen Körper einschliefst, den sie nicht unmittelbar zu berühren, sondern davon noch durch eine (vielleicht aus Metalldämpfen oder Lüften bestehende) lichte dunstartige Hohlkugel getrennt zu seyn scheint; dafs diese Hohlkugel dunstartig ist, ergiebt sich schon aus ihrer runden Gestalt, die sonst durch die Rotation sich längst zur Ellipse umgebildet haben müfste, und uns unter derselben Form die Sonne er-

scheinen lassen würde. Wäre unsere Sonne so weit wie z. B. der nächste Fixstern (wahrscheinlich Arcturus), d. i. etwa 400000 Erdweiten von uns entfernt, so würde sie genauen Berechnungen zufolge das Ansehen der Fixsterne haben, und bei einer Entfernung, die den weitesten mittelst der Fernröhre unterscheidbaren Fixsternen gleich käme, d. i. eine Entfernung wo das Licht (vergl. §. 34. N. 9.) mehrere Jahrtausende gebraucht, um zu unserem Auge zu gelangen (während es zur Bewegung vom nächsten Fixsterne aus zu uns etwa 6 Jahre nöthig hat), würde sie vielleicht dem besten Fernrohre verschwinden.

t) Zur leichteren Unterscheidung der Gestirne, hat man dieselben von den ältesten Zeiten her in verschiedene Abtheilungen gebracht, und diese mit Namen belegt, die theils auf ältere Mythen ehemaliger Völkerschaften, theils auf climatische Verhältnisse derjenigen Länder, wo die Beobachtungen zuerst angestellt wurden, Bezug haben, und in dieser Hinsicht öfters für die Geschichte der Wissenschaft von Werth sein können; vergl. §. 11. N. 2 u. 3. Man nennt diese Abtheilungen Sternbilder (Asterismi, Constellationes; Figurae coelestes); mehrere davon verdanken ihre Auffindung und Benennung der neueren Zeit. Die einzelnen Sterne der Sternbilder bezeichnet man gewöhnlich mit Buchstaben oder Zahlen, seltener mit besonderen Namen; und in den Verzeichnissen von Fixsternen (Catalogi fixarum), sind die zur genauen Bestimmung der Lage eines jeden Sterns auf der Weltkugel erforderlichen astronomischen Angaben enthalten. Die Alten zählten 48 Sternbilder, nämlich 21 nördliche, 15 südliche und 12 zwischen beiden, im sogenannten Thierkreise (s. weiter unten) vorhandene; jetzt zählt man deren 102. Eines der bekanntesten ist das sog. Siebengestirn oder das Sternbild des grofsen Bären, welches jede sternhelle Nacht in der nördlichen Himmelsgegend gesehen werden kann. Man erkennt darin besonders sieben helleuchtende Sterne, von denen vier so gestellt sind, dafs sie eine Quadratfläche einschliefsen würden, wenn man sie nacheinander durch gerade Linien verbände. Ohnerachtet sie nun (mit Beibehaltung ihrer Lage unter sich), gleich allen übrigen Sternbildern, in einem Kreise um den Polarstern herumgehen, und dadurch ihre Lage gegen denselben ändern, so können doch die beiden äussersten, fast senkrecht übereinander stehenden Sterne von jenen vieren, dazu dienen, den für die übrigen Bestimmungen am gestirnten Himmel so wichtigen Polarstern (s. weiter unten) aufzufinden, indem man nur aufwärts durch beide Sterne eine gerade Linie sich zu denken braucht, die so weit verlängert ist, bis sie auf einen

sehr hellen Stern trifft, der seine Stelle (ohne Kreisbewegung) beibehält. Ausserdem hat man als Hülfsmittel zur Sternkunde künstliche Weltkugeln (Globi coelestes), Sternkarten, Sternkugeln und Coniglobien u. m. dgl. vergl. J. Bayeri Uranometria. Aug. Vind. 1643. Jo. Gabr. Doppelmayeri atlas novus coelestis. Norimb. 1742. Chr. Bened. Funke, Anweisung zur Kenntnifs der Gestirne vermittelst zweier Sternkugeln. Leipzig 1770. J. E. Bode, Anleitung zur Kenntnifs des gestirnten Himmels. 7te Auflage. Mit vielen Kupfern und einer grofsen Himmelscharte. gr. 8. Berlin 1801. Dessen Beschreibung und Gebrauch obiger Himmelscharte, mit einem durchscheinenden Horizont, 23 Zolle im Durchmesser. Dessen Erläuterung der Sternkunde und der damit verwandten Wissenschaften. 3te Aufl. 2 Bde. m. Kpfn. gr. 8. Berlin 1808. Dessen kurzer Entwurf der astronomischen Wissenschaften, zu Vorlesungen mit 7 Kpfn. 8. Berlin 1794. Dessen Vorstellung der Gestirne auf XXXIV Kupfrtfln. Nach der Pariser Ausgabe des Flamsteedschen Himmelsatlas. gr. 4. Berlin 1782. Dessen Beschreibung und Gebrauch einer Weltcharte in zwei Hemisphären. Berlin 1793. Dessen Ptolomäus, Beobachtung und Beschreibung der Gestirne, mit Erläuterungen etc. Nebst einer Charte. gr. 8. Berlin 1895. Ejusd. Uranographia, sive Astrorum Descriptio viginti Tabulis aeneis incisa, ex recentissimis et absolutissimis astronomorum observationibus. (Auch mit deutschem und französischen Texte) m. Chart. im gröfsten Format. Berlin. Dessen allgem. Betrachtungen über das Weltgebäude. 3te Aufl. Berlin 1807. 8. — J. H. Voigt's Lehrb. einer populären Sternkunde etc. m. Kpfn. Weimar 1799. gr. 8. J. T. Mayer Lehrbuch der phys. Astronomie, Theorie der Erde und Meteorologie. Mit 2 Kpfn. Göttingen 1805. 8. J. G. Sommer: Gemälde der physischen Welt etc. I Bd. 1s u. 2s H. Mit Kupf. 1818. 8. Fries pop. Sternk. Heidelb. 1820. 8.

m) Nur der geringste Theil der Fixsterne ist in den Sternverzeichnissen nachzuweisen; denn die Zahl dieser Sonnen ist unermefslich grofs. Was das unbewaffnete Auge für blofsen Lichtschimmer hält, löst sich mit Hülfe der grofsen achromatischen Fernröhre oder des Herschelschen vierzig schuhigen Spiegelteleskops in gedrängt voll stehende Sterngruppen auf, als Lichtpuncte auf dem dunkelen Himmelsgrunde hervortretend. Vorzüglich in die Augen fallend ist eine solche oft teleskopisch ziemlich deutliche Sternanhäufung, in der sogenannten Milchstrafse (Jacobsstrafse, oder besser Sternengürtel, Sternendiadem, Lichtzone Via lactea), die als licht-

schimmernder Bogen, das ganze Sternengewölbe, fast in der Lage eines gröfsten zusammenhangenden Kreises der Sphäre, in ungleicher Breite umgiebt. HERSCHEL sah einst durch das Feld seines unbeweglich aufgestellten zwanzigfüssigen Teleskops, das etwa $2^1/_2$ Grad fafst, in einer Viertelstunde mehr als 116000 Sterne der Milchstrafse passiren, und zwar nur die deutlich zählbaren gerechnet. Ein andermal sah derselbe berühmte Astronom durch das etwa 15 Minnten fassende Sehfeld seines Teleskops, an einer gewissen Stelle innerhalb 41 Minuten Zeit, einen dichten Sternhaufen durchgehen, der nach einer ohngefähren Schätzung aus wenigstens 258981 Sternen bestand; und von den 2000 Nebelflecken, Sternhaufen oder Nebelsternen, von denen H. bereits in BODE's astronom Jahrb. 1791 u. 1794 ein Verzeichnifs lieferte, gestand er selbst ein, dafs hiemit nur erst der geringste Theil, der von uns sehungsmöglichen Fixsternaggregate angegeben sey. Selbst die sogenannte Erdenweite (Entfernung von der Erde bis zur Sonne) die etwa 21 Millionen Meilen beträgt, ist zu unbeträchtlich, um für die Entfernungen jener Fixsterne, welche noch ausser den Grenzen unserer Milchstrafse zu liegen scheinen, zum brauchbaren Maasstabe zu dienen; ja hier dürfte vielleicht kaum die Entfernung der nächsten Gestirne, des Sterns α in der Leyer, oder des Arctur, oder des nicht viel weiter entlegenen, hellglänzenden Sirius (der den Alten blendend weifs und unter allen Sternen am meisten glänzend erschien, während jetzt sein Licht ins Röthliche spielt; vgl. SPATH's Cosmogenie S. 76) zu jenem Zwecke hinreichen. Wie die Theilung des Räumlichen ins Unendliche geht, so auch die Ausdehnung desselben; und dem schwachen Sohne der im bekannten Weltraume zum Atome verschwindenden Erde, bleibt hier nur stille Verehrung desjenigen übrig, der, wo nur Bahnen möglich waren, im fröhlichen Kreise sich drehende Welten seiner schaffenden Hand entsteigen liefs!

n) Nach HERSCHEL's Annahme ist die Gestalt der Milchstrafse die eines länglichen unregelmäfsigen Doppelstreifens; (dessen Theilung in zwei Aeste in der Gegend des Cepheus statt hat, die in der des Skorpions, durch Wiederzusammenfliefsen endet); nach einer anderen die einer wirklichen Sphäre, deren Mittelpunct unserer Sonne ziemlich nahe steht. Die Sterne der Milchstrafse liegen nämlich (in Vergleichung mit den übrigen Sternen) nicht wirklich näher beisammen, sondern hinter einander in unermefslicher Tiefe, und deshalb scheinen sie dorthin wo sie von der Seite oder der Fläche nach gesehen werden,

gedrängter als in den übrigen Himmelsgegenden zu stehen; wie in einem Walde die in langen Reihen hinter einander stehenden Bäume angehäufter zu seyn scheinen, als jene welche zur Seite neben uns stehen. In einem Streifen der Milchstrafse von 30° Länge und 2° Breite zählte Herschel über 50000 Sterne; mithin trafen auf einen Quadratgrad 1665 neben und hintereinander stehende, durch ihr irradiirendes Licht (Grundzüge a. a. O.) den Milchschimmer erzeugende Sterne. Jedes nähere Sonnensystem, mithin auch das unsere (welches vermuthlich etwas seitwärts ausser der, der Länge nach mitten durch dieses Fixsternensystem gehenden Ebene liegt, indem die scheinbare Gestalt der Milchstrafse nicht völlig ein gröfster Kreis der Himmelskugel ist, sondern dem Südpol um 10 Grade näher vorbei geht, als dem Nordpole) ist hier wahrscheinlich in einer flachen scheibenförmigen Gestalt aufgestellt, und alle Sterne, die wir längs der gröfsten Durchschnittsebene dieser Schicht nach allen Seiten im Kreise herum sehen, werden zur Milchstrafse gehören, während die übrigen seitwärts stehenden vielleicht als letzte Enden entfernterer Milchstrafsen, an der uns sichtbaren Himmelskugel zerstreut erscheinen. Mehrere Astronomen setzen den Centralkörper dieser Milchstrafse zu der unsere Sonne gehört, und um welchen sich das ganze Fixsternenheer bewegt, in den hellglänzenden Sirius, andere in die Gegend des Schwerdtes des Orions, und halten hier einen der sichtbaren nebelartigen Weltkörper für die Centralsonne; auch selbst in diesem Falle, würde unsere Sonne nicht um viele Fixsternenweiten von dem Mittelpuncte entfernt sein, ohnerachtet wir dem Adler, Pfeile, Schwane etc. näher zu liegen scheinen, als dem gegenüberstehenden Orion, weil sich uns dort die Milchstrafse breiter und heller mit zerstreuteren Sternen zeigt, als beim Orion. Spath (Cosmogenie S. 51) hält den Stern α der Leyer (ebenfalls ein Stern erster Gröfse) der sich durch seine Lichtintensität auszeichnet für jenen, um welchen unsere Sonne eine Schwungbewegung gewonnen, gleichsam wie ein Pendel, das sich um einen festen Punkt horizontal schwingt. Er verändert seine Stellung am Himmel, unter allen übrigen veränderlichen Sternen am meisten; nämlich nach der Beobachtung des Duc de Malbourough um 12 Secunden, und es ist daher möglich, dafs wir nicht dem Arctur sondern diesem Sterne näher wie jedem anderen sind, und dafs die Sonne sich zur Zeit in der Ebene befindet, die sich durch den Schwan nach dem Herkules und Eridanus denken läfst; Spath a. a. O. Jenes getheilte Aussehen der Milchstrafse erklärt sich daraus, dafs eine grofse

Anzahl der Fixsternenbahnen in eine gemeinschaftliche Ebene fällt, die von einer zweiten gleichfalls an Bahnen reichen Ebene, etwas entfernt liegt, während in der Mitte beider nur wenigere (vielleicht minder leuchtende und unvollkommenere) Fixsterne gefunden werden. Wahrscheinlich existiren aber mehrere untergeordnete Centralsonnen, einzelner zum Ganzen gehörender Fixsternensysteme, ausser der in der Gegend des Orion oder des Stiers, oder des α der Leyer angenommenen grofsen. Hieher würden dann die glänzenden Sterne gehören, welche man in vielen rundlichen nebelartigen Weltgebäuden unter mehreren kleineren teleskopischen Sternen entdeckt hat, die nicht sowohl nach dem Mittelpuncte zu, sondern weiter gegen die eine Seite hin, in der Nähe des einen Brennpunctes der Ellipse liegen, und sich zu den übrigen Sternen oder Lichtmassen ihres Systems fast wie der (bald zu erwähnende) Kern des Kometen zu seinem Schweife zu verhalten scheinen; dafs übrigens die Fixsterne eine gemeinschaftliche Bewegung haben, hat die neuere Astronomie aus mehreren Erscheinungen mit Grunde als der Wahrheit gemäfs aufgestellt. Mit dieser eigenthümlichen Bewegung mufs aber nicht die scheinbare verwechselt werden, welche entsteht, wenn (nach Herschel und Prevost) unsere Sonne mit allen ihren Begleitern ihren Ort im Weltraume ändert; noch weniger die in der Folge zu berührende durch die Bewegung der Erde hervorgebrachte scheinbare, sondern eine wirkliche Fortbewegung der ganzen Weltkörpermasse der Milchstrafse, welche sich zu der eigenthümlichen Kreisung jedes einzelnen Sonnensystems etwa verhält, wie der Lauf der Erde um die Sonne, zu der gleichzeitig mit diesem Umlaufe gegebenen Fortrückung sammt der Sonne, den Kometen, Planeten und Trabanten. Dieses Fortrücken der Fixsterne kann aber auch selbst dann nicht viel über eine Secunde an unserem Firmamente (für unsere Beobachtung) betragen, wenn sich der einzelne Fixstern selbst um eine Erddurchmesserweite fortrollt. Dafs aber die Fixsternenbewegung wie jede selbstständige anschaubar organische (vergl. §. 36 u. 58.) nicht geradlinig, sondern krummlinig, und wenn auch nicht in sich selbst vollkommen zurückkehrend doch in immer weiteren kreisartigen Bahnen sich versuchend statt finde, folgt schon aus der Beziehung zu einem in der Mitte liegenden gröfseren Körper, weil bei jeder geradlinigen Bewegung in jedem Augenblicke des Fortschreitens die ehemaligen Verbindungen total aufhören müfsten. Schon aus diesen Gründen ist eine sonst angenommene geradlinige Bewegung unseres Sonnensystems nach einem Sterne des Herkules, woraus

Herschel und Prevost die allgemeine Bewegung der Fixsterne blofs als scheinbare ableiten wollten (vergl. oben), nicht wohl denkbar, — Vergl. De motu fixarum proprio Comment. auct. Tob. Mayer in dessen opp. ineditis Vol. I. p. 75. Herschel's und Prevosts Abhandl. übersetzt in Bode's Jahrb. für 1786. S. 259 u. 1787. S. 224, und über die eigenthümliche Bewegung einiger Sterne von Prevost und Maurice ebend. 1805, S. 113 etc. J. Kants allgem. Naturgeschichte und Theorie des Himmels etc. Königsberg und Leipzig 1755. — Lambert's cosmologische Briefe über die Einrichtung des Weltbaues. Augsburg 1761. Fr. Schubert's theoret. Astronomie; und G. H. Schuberts Ansichten von der Nachtseite der Naturwissenschaft. Neue Ausgabe. Mit 2 Kupfert. Dresden 1817. gr. 8.

o) Jene Nebelflecken oder Nebelsterne, (vergl. Herschel's Ansicht in Bode's Jahrb. für 1818.) die in Gestalt kleiner Lichtwölkchen oder schwacher Schimmer von Licht am dunkelen Himmelsgrunde hervortreten, haben wir durch die neueren Untersuchungen, vorzüglich eines Herschel und Schröter, theils als einfache Lichtmassen von ungeheurer Ausdehnung in einem mehr oder minder wie es scheint gasigen Zustande, öfters einen helleuchtenden Stern in der Mitte habend, theils als Aggregate zahlloser Fixsterne entfernter Milchstrafsen kennen gelernt. (Zu den letzteren scheinen auch ein Paar merkwürdige weifse Stellen ohnfern des Südpols zu gehören, die als Abglanz festerer Milchstrafsen in unseren Sternhimmel hineinschimmern?) Die Zahl derjenigen Nebelflecken, welche allein Herschel gesehen und untersucht hat, beläuft sich bereits über 2500, (jene im röthlichen Lichte erscheinenden Stellen nicht mit gerechnet, die Herschel durch keine Vergröfserung in Sterne auflösen konnte) und der rastlose Fleifs des genannnten ehrwürdigen Forschers u. a. neuerer Astronomen, bürgt uns dafür, dafs wir von der jetzt gewonnenen Ansicht neuerer Welten in der unergründlichen Tiefe des Himmels, auch zur Einsicht ihrer Verhältnisse zu unserer Fixsternenwelt gelangen werden. Scheint es doch, als sollten die geheimen Bücher der Geschichte unseres eigenen Sonnensystems, mit diesen und ähnlichen Entdeckungen, jetzt wenigstens in ihren ersten Grundzügen entrollt werden; s. weiter unten Cap. XII. Uebrigens unterscheidet Herschel von den eigentlichen (in Mitten einen leuchtenden Punkt habenden) Nebelsternen: die obigen unauflöslichen und die in leuchtende Flüssigkeit sich auflösenden Lichtschimmer, so wie auch jene stark abgeplatteten, nur beleuchteten und nicht selbst leuchtenden, sich

unter Winkeln von 30 bis 60 Secunden zeigenden, in den Sternbildern des Wassermann, der Andromeda, Ophiochus, Pfeil, Fuchs, Schwan, Eridan und Becher von H. beobachteten, räthselhaften Weltkörper, welche er planetarische Nebelsterne genannt hat.

p) Aus einigen Herschelschen Beobachtungen, hat man auf Verschiedenheiten in der Gröſse der einzelnen Sonnen geschlossen, jedoch noch nicht mit vollkommener Sicherheit, indem diese zur Zeit die zu Gebote stehenden Instrumente und die schwankende Angabe der Parallaxe noch nicht zulassen; vergl. oben Bem. k. So zeigte der Stern Kapella, bei 227facher Vergröſserung eine scheinbare Gröſse (d. i. den optischen Winkel, unter welchem sich der Stern, nach Abzug der Irradiation des Lichtes dem Auge darstellt) von $2^1/_2$ Secunden; Aldebaran bei 460facher Vergröſserung von $2^2/_3''$; α der Leyer, bei 6450 Vergröſserung 21 ,318. Kennt man den Abstand eines Sterns von der Erde und seinen optischen Winkel, so ergiebt sich sein Durchmesser, aus dem Producte seines Abstandes, in seinen nach Theilen des Halbmessers ausgedrückten optischen Winkel (Spath a. a. O. S. 111). Hiernach würde der Durchmessers des α der Leyer, wenn man mit Spath jenen Winkel in einer runden Zahl = $^1/_3$ Sek. annimmt, 2799653 geogr. Meilen betragen, und der Stern dürfte darnach (den Sonnendurchmesser = 200000 geogr. Meilen gesetzt) 14 mal gröſser sein, als unsere Sonne. (Spath — dessen Cosmogenie S. 96 — sucht zu zeigen, daſs die von uns bemerkbaren einzelnen Fixsterne » bis höchstens 15 mal gröſser als die Sonne « sind.) — Bei verschiedenen Sternen scheint aber die Gröſse und die Leuchtung derselben etwas sehr veränderliches zu sein; so zeigte sich der Stern im Stuhle der Cassiopeja, der zu Tycho's Zeiten im Jahr 1572 sichtbar wurde und zwei Jahre darauf verschwand, mit anfänglich blendend weiſsem, dann rothgelben (dem Marslichte ähnelnden) und endlich mit bleifarbenen, dem Saturnlichte ähnelnden, hierauf verschwindenden Lichte. Auch gehört hieher jener von Kepler südlich bei γ im Schwan entdeckte, nnd darauf 19 Jahre hindurch als veränderlich beobachtete Stern, der 1621 unsichtbar, 1655 wiederum und zwar als Stern dritter Gröſse sichtbar wurde und späterhin an scheinbarer Gröſse abnahm, so daſs er 1715 als Stern sechster Gröſse erschien, Der Stern, den Montanari 1674 östlich neben π am Schwanz der Wasserschlange entdeckte, verschwand bald darauf, wurde = 1705 wieder gesehen, ward 1706 wieder unsichtbar, bis er 1712 gänzlich verschwand. Spath (a. a. O. 99) ver-

muthet, dafs auch jene dunkelen sog. Kapflecken zu den nicht mehr leuchtenden, jetzt von der Milchstrafse beleuchteten dunkeln Sternen gehören-

q) Die Grundsätze zur Berechnung der Entfernungnn der Weltkörper, sind denjenigen völlig gleich, welcher sich die Geometrie täglich bedient. Denken wir uns z. B. zwei Beobachter auf der Erde, von denen den eine der Mond im scheinbaren Horizont, und der andere gleichzeitig im Scheitelpuncte hat: so läfst sich durch Messung der Winkel bestimmen, um welchen der eine Beobachter den Mond am scheinbaren Himmelsgewölbe an einem anderen Orte sieht, als der andere. Diesen Winkel nennt man die horizontale Parallaxe (Parallaxis horizontalis) des Mondes. Er beträgt etwa 1° Zieht nämlich der erste Beobachter in Gedanken eine Linie zum aufgehenden Mond, und eine andere zum Mittelpuncte der Erde; der sweite aber eine dritte Linie von da durch seinen Standort bis zu dem in seinem Standpuncte stehenden Monde: so ergiebt sich ein Dreieck, in welchem der Halbmesser der Erde von 860 Meilen eine bekannte Seite, der Winkel am Monde oder die Parallelaxe, so wie der rechte Winkel an der Oberfläche der Erde (beim ersteren Beobachter) zwei bekannte Winkel sind; woraus nach leichten trigonometrischen Regeln die Länge der vom zweiten Beobachter gezogenen Linie, d. i. in diesem Falle die Entfernung des Mondes vom Mittelpuncte der Erde bestimmt werden kann. Beträgt jener Winkel (zwischen den Gesichtslinien beider Beobachter) am Monde 61¹/₂ Minute, so ist der Mond ohngefähr 48000; und beträgt der Winkel nur 54 Minuten, so ist er etwa 54700 Meilen vom Mittelpuncte der Erde entfernt; mithin beträgt sein mittlerer Abstand von der Erde ohngefähr 53100 Meilen. Aber je weiter der Weltkörper von der Erde entfernt ist, um so geringer wird der Winkel der Parallaxe, und mithin um so schüwriger wird es die Entfernung genau zu finden. Daher ist die Mondweite von der Erde am genauesten, die der nahe gelegenen Planeten und der Sonne schwüriger, die der entfernteren Planeten und der nächsten Fixsterne sehr unvollkommen oder auch wohl gar nicht auf diesem Wege festzusetzen. Bei Bestimmung der Sonnenweite, ist die halbe Dicke der Erde bei dem hierbei vorkommenden Dreieck eine zu kleine Seite; die Durchgänge der Venus (1761 u. 1869, vergl. oben) durch die Sonne gewährten indefs den Astronomen die Möglichkeit, aus vielen Beobachtungen sehr genau die vereinigte Parallaxe der Sonne und der Venus zu berechnen, und hiernach die mittlere horizontale Sonnenparallaxe (den Unterschied ihres scheinbaren Ortes von der Oberfläche und vom Mittelpuncte der Erde

aus betrachtet, also den Halbmesser der Erdkugel, vergl. oben, hiebei zum Grunde gelegt) auf 8 $/_2$ Secunde, etwa 400 mal geringer als beim Monde zu bestimmen, woraus sich wieder auf obige Weise berechnen liefs, dafs die Entfernung der Sonne um eben so vielmal gröfser, als die des Mondes sei, und mithin über 20 Millionen, fast 21 Millionen Meilen betrage. Wenn auch hiernach die Angaben der Abstände entfernter Weltkörper, bei den Astronomen öfters um tausend Meilen differiren, so verschwindet dieser Unterschied doch gegen die ausserordentlichen Entfernungen, als unbedeutender Beobachtungsfehler. Vergl. Bode's allgem. Betrachtung üb. das Weltgeb. S. 35 etc.; und über die Parallaxe der Fixsterne: Herschel in J. H. Schröters Beiträgen zu den neuesten astronom. Entdeckungen. Herausgeg. von J. E. Bode. Berlin 1788. S. 255 etc. Aus jener Parallaxe von 8'',5 und aus dem scheinbaren mittleren Durchmesser, nach Lalande = 323'',5, läfst sich die wahre Gröfse des Sonnendurchmessers = 113,14 Durchmessern der Erdkugel = 194490 geogr. Meilen finden; woraus sich ferner ergiebt, dafs die Sonne ihrem körpersichen Inhalte nach 1448079 (nach anderen Bestimmungen 1382469) mal gröfser als die Erde ist. — Drei Täuschungen sind es vorzüglich, mit denen die ausübende Sternforschung zu kämpfen hat; die astronomische Strahlenbrechung (vergl. Cap. X.) wodurch die scheinbare Lage der Sterne verrückt wird, die Abirrung des Lichtes (beruhend auf der folgweise und mit einer bestimmten Geschwindigkeit stattfindenden Verbreitung des Lichtes und der Bewegung der Erde) und die Nebensicht oder Parallaxe; vergl. Cap. X. und m. Grundzüge S. 159 u. ff.

r) Zu den selbstleuchtenden Weltkörpern gehören endlich auch noch die Kometen, auch Haarsterne oder Schwanzsterne genannt; die zwar (sofern sie zu unserem Sonnensysteme gehören) von der Sonne beleuchtet werden, jedoch den gröfsten Theil ihres Lichtes, nach Schröters neueren Beobachtungen (vergl. dessen neueste Beiträge) höchst wahrscheinlich aus sich selber entwickeln. Es gehören diese merkwürdigen sonst für blofse Meteore gehaltenen und zuerst von Tycho de Brahe als Weltkörper in Untersuchung genommenen Körper einer ganz anderen Ordnung der Dinge an, als die Sonnen und Planeten (nebst deren Trabanten). Während sich diese sowohl um sich selbst, als auch bei ihrem Fortrollen (wenigstens ist dieses letztere von den Planeten und Satelliten bekannt) von Westen nach Osten hewegen, hat ein Theil der bis jetzt bekannten Kometen eine Bewegung von Osten nach Westen; während jene

in mehr oder minder excentrischen Ellipsen ihre Bahnen um die Sonne beschreiben, bilden diese durch den uns sichtbaren Theil ihrer Bahn (wie Dörffels diese zuerst zeigte) Bogen, die wenig von einer parabolischen Bahn abweichen, und durch ihren ganzen Umlauf, wenn dieser vorhanden ist, äusserst lang gezogene Ellipsen. Vergl. Olbers über die leichteste und bequemste Methode die Bahn eines Kometen aus einigen Beobachtungen zu berechnen. Weimar 1797. Oefters kommen sie bei ihren Bewegungen der Sonne ausserordentlich nahe, z. B. der vom Jahr 1769, welcher ihr 8 mal näher kam, als die Erde selbst in ihrem Perihelio steht, ja einige sind der Sonne selbst näher als der Merkur gekommen; und kehren sie dann aus der Sonnennähe zurück, so findet man ihre Atmosphäre ausgedehnter und leuchtender wie zuvor, was auf grofse Veränderungen durch die Sonneneinwirkung deutet. Die meisten der bisher gesehenen und berechneten Kometen, deren Anzahl sich ohngefähr seit dem Jahre 2300 vor Christi Geburt bis zur Mitte des 16ten Jahrhunderts auf 400 belief, (ein Schriftsteller des 17ten Jahrhunderts hat die Geschichte von 415 Kometen beschrieben) nehmen jedoch ihren Weg um die Sonne innerhalb der Marsbahn (vergl. Bode's Abhandl. über die Austheilung und Lage aller bisher bekannten Planeten- und Kometenbahnen etc. Berlin 1792. 8.); es ist daher wahrscheinlich, dafs nur der geringste Theil gesehen wurde, und dafs der grössere Theil innerhalb der Bahnen der weiter entlegeneu Planeten seine Sonnennähe erreicht. Nach Lambert (dessen cosmologische Briefe) können allein in der Bahn des Saturn 12000 Kometen der Sonne am nächsten kommen. Wie weit sie in ihrer Sonnenferne fortgehen, und ob sie, wie einige Astronomen vermuthen, wirklich in andere Fixsternensysteme eingreifen, und dadurch vielleicht öfters von ihrer Wiederkehr ganz abgehalten werden (was z. B. mit dem vom Jahr 1770 der Fall seyn mag, der nach Messier's und Lexels genauen Beobachtungen und Berechnungen innerhalb 5½ Jahr seinen Sonnenumlauf vollenden sollte, aber seit seinem Erscheinen und auch vorher nicht gesehen wurde — und was uns um so wahrscheinlicher ist, da vielleicht ein grofser Theil der Kometen dazu dient, zwischen den verschiedenen Sonnensystemen eine Art Wechseltausch gegenseitiger Erregungen und Entwickelungsbestimmungen zu unterhalten, so dafs diese Kometen gleichsam das Band der sonst getrennten Sonnensysteme darstellen?) kann nicht entschieden werden; indefs müssen wir bemerken, dafs sie auch bei sehr grofsen Ausweichungen (Excentricitäten) ihrer Bahnen dennoch Platz genug in den

näheren mit Aether erfüllten Räumen unseres Sonnensystems haben; denn angenommen, daſs unser Sonnensystem mit dem Uranus geschlossen sei, so beträgt die körperliche Länge desselben ohngefähr 800 Millionen Meilen, und von hier bis zum nächsten Fixsterne, ist es noch 10000 mal so weit. Man hat die Bahnen der Kometen und nebst den übrigen Elementen auch die Umlaufszeiten berechnen wollen; das erstere hat sich am vollständigsten bei dem Kometen vom Jahr 1759 bewährt, der innerhalb einer 75 – 76 jährigen Periode regelmäſsig eilfmal (nämlich in den Jahren 1006, 1080, 1155, 1230, 1305, 1380, 1456, 1531, 1607, 1682 uud 1759) wiedergekehrt ist, und von Hallei auf das Jahr 1759 vorausgesagt wurde, und mit Sicherheit auf das Jahr 1834 erwartet wird. Einen anderen vom Jahr 1264, den man mit dem von 1556 für einerlei hält, erwartet man 1848 wieder, und Neutons Berechnung zufolge, soll der groſse Komet vom Jahr 1680, (der mit einem Schweif von 60 bis 70 Graden Länge und dessen Scheibe viermal so groſs als die Venus erschien), dessen Umlaufszeit man auf 1700 Jahre setzt, und den mehrere für den nach Jul. Casar's Tode erschienenen halten, ihm auch früher die Entstehung der Sündfluth zuschreiben, nach 575 Jahren wiederkehren. Im Jahr 146 vor Christi Geburt, soll ein Komet erschienen sein, dessen scheinbare Gröſse die der Sonne übertraf. Man hat bis Ende 1803 die Bahnen von 97 seit dem Jahre 827 erschienenen berechnet, wobei der einigemal wiedergekommene, und zwei andere deren Wiederkehr vermuthet wird, nur einmal gezählet sind; jedoch sind verschiedener Umstände wegen, alle Angaben der Art nicht vollkommen zuverlässig, wie schon aus dem Aussenbleiben des von 1770 erhellt (der vielleicht vom Jupiter, bei seiner Annäherung zur Masse dieses groſsen Planeten, mit beträchtliaher Gewalt abgestoſsen wurde?). Von jenen 95 Kometen liefen in ihrer Sonnennähe zwischen Sonnen- und Mercursbahn hindurch 19, zwischen Mercurs- und Venusbahn 36, zwischen Venus- und Erdbahn 20, zwischen Erd- und Marsbahn 16, zwischen Mars- und Jupitersbahn 4. Nach Bessel beträgt die mittlere Entfernung des Kometen vom Jahr 1769 von der Sonne, über 3409 Millionen Meilen, die weiteste Entfernung von 8168 Meilen und seine Umlaufszeit 2089 Jahre. Die Sonne glänzt ihm an der äussersten Grenze seiner Bahn, nur als Stern der ersten Gröſse. Zu den merkwürdigsten Kometen neuerer Zeit, gehört a) jener vom Jahr 1805, welcher späterhin zuerst von Nicolai in Manheim und (im November 1808) von Pons in Marseille wiedergesehen wurde. Es hat derselbe seine Umlaufszeit von 3 Jahr 7 Monath bereits 5 mal vollendet,

kam den 10ten Juli 1819 der Erde am nächsten und scheint bei seinem früheren Laufe beträchtliche Veränderungen seines Innern erlitten zu haben; b) der vom Jahr 1807. Dieser war Bessels Berechuungen gemäfs den 18ten September 1807 in seiner Sonnennähe, und sein kleinster Abstand von der Sonne war gleich 0,646 Theilen des mittleren Abstandes der Erde von der Sonne; die halbe grofse Axe seiner Ellipse betrug 143,195 jener Theile, der Ort seines Periheliums ist 270°45', des Knotens 266°47, die Neigung seiner Bahn 63°10' und seiner Umlaufszeit würde 1713½ Jahr betragen, wenn er während dessen durch die Planeten nicht beträchtliche Störungen erleidet, was zu vermuthen steht. Uebrigens kam seine scheinbare Gröfse der des Jupiter nahe, und die Länge seines Schweifes betrug 5°; c) der von 1811. Schröters zu verschiedenen Zeiten angestellten mikrometrischen Messungen der scheinbaren Gröfse des merklich begränzten Kerns und des Lichtnebels dieses Kometen zufolge, ergaben sich (unter Erwägung der gleichzeitigen wahren Entfernungen desselben von der Erde) die wahren Entfernungen des Kerns und des Schweifs. Des ersteren scheinbare Gröfse fand sich im Mittel 0",86 = 997 geogr. Meilen; jene des Schweifs (welche vom 20ten October bis zum 3ten November, während welcher Zeit sich der Komet von der Erde und von der Sonne entfernte, beträchtlich wuchs) war am 20ten October 212",7 = 26037 geogr. Meilen, am 3ten November 338", 6 = 43762 geogr. Meilen. Zur ersteren Zeit war der Komet von der Erde um 1,2110, zur letzteren 1,280 und von der Sonne zur ersteren Zeit um 0,9169 und zur letzteren 1,1195 Halbmesser der Erdbahn entfernt. Die Gröfse, der Glanz, die lange Dauer seiner Sichtbarkeit und die eigenthümliche Gestalt seines Schweifes zeichneten diesen Kometen vor anderen aus. Er wurde den 25ten März zu Viviers von Flaugergues entdeckt und bis 25ten März 1812 (zu Marseille durch v. Zach) beobachtet, wo er dann im Sonnenglanze entschwand. Aus den Elementen seiner bereits den 20ten October durch Bessel berechneten sehr lang gezogenen elliptischen Bahn folgte, dafs derselbe zuvor noch nicht gesehen worden sey, und dafs er — gemäfs des von unsern Astronomen beobachteten, nur sehr wenig von einer Parabel abweichenden Bahnentheils — auch kaum wieder gesehen werden dürfte. Jenen Elementen zufolge berechnete Bessel seine mittlere Geschwindigkeit auf 0,27 geogr. Meilen in einer Sekunde, hingegen seine Geschwindigkeit in der Sonnennähe auf 0,27 geogr. Meilen, seinen kleinsten Abstand von der Sonne zu 1,0354 und den gröfsten zu 449,6 Halbmesser der Erdbahn. Den 15ten Oc-

tober 1811 glänzte er am lebhaftesten und die Ausdehnung seines Schweifes betrug damals gegen 15°. Sein Kern zeigte sich als ein heller, nicht scharf begrenzter Kreis, umschlungen von einem dunkelen Kreise, dem ein zweiter heller folgte, der aber hinter dem Kometen (von der Sonne abwärts) nicht geschlossen war, sondern in zwei parabolisch gekrümmte, einen dunklen Raum zwischen sich lassende Lichtschweife ausstrahlte. Olber's erklärt diese Theilung aus der Wirkung zweyer abstofsenden Kräfte, von denen die eine aus dem Mittelpunkt der Sonne, die andere aus dem Kometen wirkte, und denen zufolge der Schweif ein hohles, parabolisch pekrümmtes Conoid bildete, dessen Scheitel nach der Sonne, dessen grofse Axe von der Sonne abwärts und in dessen Brennpunct der Kern des Kometen lag. Selbst die dichtesten Stellen des Schweifes liefsen noch das Hindurchsehen von Sternen 8ter und 9ter Gröfse zu, »ohne dafs der Schweif irgend eine Spur von Licht brechender Kraft zeigte,« gleichwie seine Wolken bildende Wassertheilchen das Licht zurückwerfen ohne es merklich stärker zu brechen, als die Luft. Nach Newton berechnete Olbers die Entstrahlungsgeschwindigkeit, mit welcher sich die Schweiftheilchen abwärts der Sonne von dem Kometen entfernten, aus dem Winkel, den die mittlere Richtung des Schweifes mit dem nach dem Kometen gezogenen Radius vector macht, in Verbindung mit der Geschwindigkeit und Richtung des Kometen in seiner Bahn, zur Zeit der Beobachtung. Und hiernach war diese Strahlungsgeschwindigkeit des Schweifes (als solche die mittlere, zwischen der durch die abstofsende Kraft der Sonne und des Kometen erzeugten, und der Geschwindigkeit und Richtung des Kometen in seiner Bahn) den 11 und 13ten October fast 12 Meilen in einer Secunde, d. i, über 40 mal gröfser, als die mittlere Geschwindigkeit des Kometen in seiner Bahn! — d) der vom Jahr 1819, welcher im Juli sichtbar wurde, gieng Olbers Berechnung zufolge den 26ten Juni, zwischen 5 und 9 Uhr des Morgens vor der Sonne vorbei. Während dessen sah man keinen Flecken an der Sonnenscheibe, mithin war der Komet vollkommen durchsichtig. Durch seinen Schweif sah man, selbst nahe am Kern, Sterne 8ter bis 9ter Gröfse. Er zeigte keine Phasen. Die Erde war zu jener Zeit genau in der Richtung seines Schweifs, und gieng wahrscheinlich mitten durch denselben hindurch.

s) Sämmtliche Cometen haben ein neblichtes, haariges mehr oder weniger blasses Ansehen, zeigen in der Regel einen nach Schröters Vermuthung festen, wahrscheinlicher aber flüssigen, öfters verschiedentlich durchsichtigen, selbstleuchtenden

Kern, der von einer sehr dichten, das ausstrahlende Licht schwächenden, und das Einfallen des Sonnenlichtes sehr beschränkenden wolkenartigen Atmosphäre, und dann von einem leuchtenden Lichtnebel umhüllt, und stets nach der von der Sonne abgekehrten Seite zu, mit einem langen weniger als der Lichtnebel leuchtenden Schweife (Coma) versehen ist. Der Durchmesser des Kerns steht mit der Ausdehnung des Lichtnebels in einem Verhältnisse, wie wir es bei keinem der übrigen bekannten Weltkörper antreffen; man müfste dann etwa jene Nebelflecke ausnehmen, die in ihrer Mitte einen kleinen Stern einschliefsen. Während z. B. der Halbmesser des Kometen vom Jahr 1799 180½ Meile betrug, wurde der Lichtnebel schon in der Entfernung des Kometen von der Erde aus, bis zu einer Höhe von 21797 Meilen sichtbar, und der Schweif erstreckte sich wenigstens 600000 Meilen weit in den Himmelsraum. Bei anderen Kometen war der Kern von der Gröfse der Jupiterskugel, und die Ausdehnung des Schweifes des vom J. 1769 betrug gegen 40 Millionen Meilen. Diejenigen, welche dem Kerne das Selbstleuchten streitig machen, glaubten sich berechtigt denselben für einen Wasserball zu halten; aber auch dieser würde bei einer so ungeheuren Gröfse vollkommen undurchsichtig werden; das flüssige Element des Kerns mufs daher wohl von einer anderen und zwar räumlich leicht veränderlichen Beschaffenheit sein, denn darauf weisen die veränderlichen Grössen des Durchmessers hin, welche Schröter durch atmosphärische Verhüllung zu erklären glaubt. Die grofse Abplattung der Kometen, welche angeblich durch ihre schnelle Drehung bewirkt wird, läfst sie nicht als Späroiden, sondern als Ellipsen erscheinen, deren gröfsere Axe nach der Sonne gekehrt und mithin die kleine Axe der Pole ist. (Dafs aber diese merkwürdige Abplattung Folge wirklicher Axendrehung sei, steht um so mehr sehr zu bezweifeln, da solche Drehung die meisten Kometen nothwendig zur Zerstiebung oder Zerfliefsnng führen müfste). Bei verschiedenen in neuern Zeiten blofs durch Fernröhre gesehenen Kometen, war die Durchsichtigkeit der Kerne so grofs, dafs ihre Substanz die Stralen kleiner Sterne durchliefs; weshalb sie auch von mehreren Astronomen als vollkommen kernlose Kometen betrachtet wurden. Beträchtlich grofse Kometen mit sehr langen Schweifen, wie man dergleichen noch im 17ten Jahrhunderte wenigstens 10 sah, sind in neuern Zeiten (mit Ausnahme des von 1811) sparsam erschienen; im 18ten Jahrhunderte sah man zwei solche, namlich den von 1744 und den von 1769. Uebrigens hat man weder an dem von 1744, der ganz

nahe bei dem Mercur vorbei ging, noch an dem von 1540, der zwischen Mond und Erde durchging, die geringsten zerstörenden Wirkungen gegen diese Planeten bemerkt. Nach der Seite des Schweifes hin, zeigt sich der Lichtnebel dichter; aber wirkliche Phasen oder Schatten, die Cassini und Calandrian an dem Cometen vom J. 1744 als dunkle Zwischenräume im Schweife nach dem Kerne hin, die sie für den Schatten des dunkel sein sollenden Kerns hielten, gesehen haben wollten, und die schon zwei sorgfältige Mitarbeiter Chesaux und Heinsius leugneten, sind weder an dem von 1769 durch Messier noch an dem von 1799 durch Schröter gesehen worden. Wohl haben sowohl ältere als neuere Beobachtungen, die eines Kepler, Wendelin, Snell, Messier, Cornel, Grema und die Schröterschen mit seinem grofsen 27 füssigen Reflector, eine eigengenthümliche vielleicht periodische fluctuirende und vibrirende Bewegung des Schweifes gezeigt; die mit anderen in der Folge zu berührenden Umständen vereint, auf die electrische Beschaffenheit des Schweifes haben schliefsen lassen; wie denn überhaupt die Cometen das dritte, Thätigkeiten bestimmende (flüssige) Glied, das Band zwischen Sonne und Planeten (und die Kern haltigen, in engeren Bahnen sich bewegenden, die Vorläufer der Planeten) zu sein scheinen (vergl. Cap. XII. u. meine Beiträge zur Begründung einer wissensch. Chemie. I. S. 200 u. ff.). Mehrere Astronomen haben die Natur und Entstehung des Schweifes auf andere Weise, z. B. durch wässrige Dünste, oder durch (zufällige) Abreissungen freier leuchtender Theile vom Kern, bei eintrender Sonnennähe, wobei die Sonnenatmosphäre gegen diese Theilchen repulsiv wirken soll, zu erklären versucht, aber allen diesen und ähnlichen Erklärungen mangelt die Nachweisung jener inneren durch das Ganze begründeten Nothwendigkeit, welche den Zufall verbannend, keine andere als die gegebene Erklärung nach dem zeitigen Stande unserer Kenntnifssphäre zuläfst. — Uebrigens erwartet man im Durchschnitte alle zwei Jahre einen (mit blossen Augen oder häufiger nur durch Fernröhre) sichtbaren Cometen; zu den Seltenheiten gehören aber solche, an denen man den Unterschied der Sonnenlichtbeleuchtung deutlich wahrnehmen kann, wie z. B. jener von 1744, dessen eine Hälfte als stärker erleuchtete Scheibe sichtbsr wurde; während sein nach dem Durchgange durch die Sonnennähe fünffach theilbarer Schweif sich bis zu 40° verbreitete.

t) Die Erde dreht sich um ihre Axe innerhalb 23 Stunden 56,4 Minuten. Die Umdrehungszeit des Mercur und der Venus

setzte SCHRÖTER aus beobachteten Veränderungen der Gestalt der Hörnerspitzen (wenn die Planeten nicht ganz erleuchtet waren), bei dem ersteren auf 24 Stund. 5 Min. 50 Sec., und bei der letzteren auf 23 Stund. 20—21 Min. fest; wogegen neuerlichst FLEUGORGUES die ältere Behauptung des BIANCHINI in Schutz nahm, der zufolge sich die Venus fast in 24 Tagen um ihre Axe drehe, und Mercur mithin wahrscheinlich noch längere Zeit gebrauche; neuere Bestimmungen geben jene des Merkur zu 24 St. 5',5, und die der Venus zu 23 St. 22. Vergl. §. 66. Die Axendrehung des Mars hat man aus der regelmäfsig veränderten Lage der Flecken (die vielleicht mit Wasser erfüllte Tiefen zwischen den ungeheuren Schneemassen dieses Planeten sind), auf 24 Stund. und 39 Min.; so wie die des Jupiter (auf ähnliche Weise aus dessen Flecken und Meteore andeutenden Streifen erschlossenen) auf 9 St. 57 Min. bestimmt. Aus den Flecken des Saturn (deren weifse Farbe und dessen unregelmäfsige Kugelgestalt auf grofse Schnee oder Eismassen schliefsen läfst) hat HERSCHEL die Umdrehungszeit dieses Planeten zu 10 Stund. 16 Min. 25 Sec. angegeben; bei dem Uranus hingegen hat die weite Entfernung die Bestimmung der Axendrehungszeit noch nicht zugelassen, wiewohl seine beträchtliche Abplattung auf eine sehr schnelle Axendrehung schliefsen läfst; und bei Vesta, Juno, Ceres und Pallas ist es noch sehr zweifelhaft, ob sie überhaupt eine Axendrehung besitzen. — Zuweilen hat man auf der Sonnenscheibe hellere Stellen, sogenannte Sonnenfackeln, noch häufiger schwarze Flecken von veränderlicher Gröfse, Lage und Gestalt beobachtet; die ersteren sind wahrscheinlich Erfolge lebhafterer Lichtentwickelung durch erhöhete chemische Verbrennungs-Processe auf der Sonnenoberfläche, oder wahrscheinlicher in ihrer Atmosphäre (Licht- oder Photosphäre); die letzteren vielleicht nach und nach eintretende Erlöschungen der Lichtentwickelung, oder partielle Theilungen der Photosphäre, wodurch der dunkele (?) Sonnenkörper entblöfst wird (oder kleine, dunkele, mit der Sonne umschwingende Trabanten). Es erscheinen diese Flecken in der Nähe des Randes der Sonne stets schmäler als in der Mitte. Aus der Bewegung dieser Veränderungen der Sonnenatmosphäre, hat man auf eine regelmäfsige Axendrehung von 25 Tagen 14 Stunden und 8 Minuten (nach Andern von 27 Tagen) geschlossen. Bei anderen Fixsternen hat man aus einigermassen ähnlichen Lichtveränderungen, auf gleiche Weise die Axendrehungszeit zu bestimmen gesucht, und so Verschiedenheiten von 3 Tagen bis zu 13 Monaten bemerkt. So z. B. soll der Stern im linken Vorder-

fufs des Schützen eine 2 bis 3 tägige, Algol am Kopfe der Medusa eine 3 tägige; der lichtverändernde Stern im Antonius eine 8 tägige, der in der Lyra eine 13 tägige, (nach Andern eine 6 bis 7 tägige) und jener des Cepheus eine fast drei wöchentliche, dagegen der Mira im Wallfische eine 11, und der lichtändernde Stern X im Halse des Schwans eine 13 monatliche Drehung um die eigene Axe haben.

u) Die Axendrehung der Erde hat zunächst den Wechsel von Tag und Nacht, und ausserdem mehrere scheinbare Bewegungen der übrigen Weltkörper zur Folge. Indem nämlich irgend ein Theil ihrer Oberfläche vor einer Reihe von Himmelskörpern durch Drehung vorüberrückt, ändert sich die Lage dieses Theils gegen dieselben, auf gleiche Weise, als ob er selbst ruhete, und als wenn sich die Himmelskörper nach der entgegengesetzten Seite vor ihm vorüberbewegten. Dafs diese aus der veränderten Lage jener Himmelskörper erschlossene Bewegung eine scheinbare durch die wirkliche der Erde um sich selbst veranlafste sei, zeigte in neueren Zeiten Copernicus (vergl. §. 11 Bem. 4. §. 64. N. 2.) zuerst wiederum; Hook und Guglielmini suchten diese Axendrehung durch Beobachtungen und Benzenberg (a. a. O. vergl. §. 47. Bem. 2.) neuerlichst durch entscheidende Versuche zu bestätigen. In diesen Versuchen wichen von 31 fallenden Kugeln 21 östlich und 3 westlich ab; nach Norden und nach Süden wichen gleich viele ab; 2 fielen auf die durch den Senkpunkt gehende Mittagslinie. Man kann annehmen, dafs bei den wenigen nicht östlich- oder gar westlich abweichenden, der Faden woran die Kugeln vor dem Falle hingen, beim Ablösen einige Seitenschwingungen machte, was fast unvermeidlich ist. Das Mittel aus allen Abweichungen, gab in diesen Versuchen, eine östliche Abweichung von vier Linien, d. i. eine so grofse, wie sie die Rechnung heischt; s. oben S. 141. Vermögten wir uns in beträchtlichen Höhen frei schwebend zu erhalten, ohne dem Erdschwunge und dem Erdzuge zu folgen, so würde die Erde unter unseren Füfsen wegrollen. Wäre jene Bewegung eine wirkliche, so müfsten alle Himmelskörper, auch bei den ungleichsten Bahnen in derselben Zeit ihren Weg um die Erde vollenden, was undenkbar ist; dafs übrigens die Bewegung der Erde von uns wegen ihrer grofsen Geschwindigkeit nicht wahrgenommen wird, ist irrig, eher könnte die Gleichmässigkeit der Bewegung sie für uns unbemerkbar machen. — Dreht sich aber die Erde um sich selbst, so ist dadurch die Lage der Axe, und mithin aller übrigen davon abhängigen Puncte und Linien der Erdkugel bestimmt. Denken wir uns daher in der Erdkugel (Fig. 12) die Axe in der Richtung von NS, und nennen wir

die Endpuncte dieser Linie, den einen Nordpol den anderen Südpol, so wird ein in einer Entfernung von 90° von jedem Pole gezogener gröfster Kreis AQ, der Aequator, die Erde in die nördliche und südliche Halbkugel theilen; und indem wir die Entfernung eines zwischen den Polen und dem Aequator gelegenen Ortes dadurch bestimmen, dafs wir durch den Ort (oder Punct) einen gröfsten Kreis senkrecht auf den Aequator ziehen, und den dadurch zwischen den Ort und den Aequator fallenden Bogen messen, so erhalten wir die (geographische) nördliche oder südliche Breite des Ortes, den durch den Ort gezogenen Kreis selbst aber (so wie alle senkrecht auf den Aequator stehende, und bei ihrer Fortsetzung mithin in den Polen sich schneidende Kreise) nennen wir den Meridian des Ortes (oder die Meridiane oder Mittagskreise.) Da aber die Erde ein an den Polen abgeplattetes, nach dem Aequator zu stärker gekrümmtes Ellipsoid ist, so wird man auch in der Nähe der Pole auf der Erde einen grösseren Weg zurücklegen müssen, um einen Fixstern im Meridiane seine Höhe (s. weiter unten) um einen Grad verändert zu sehen, als in der Nähe des Aequators; vergl. oben S. 212. Alle Orte die unter demselben Mittagskreise liegen, haben zugleich Mittag, und die in dem entgegengesetzten Halbkreise liegenden dann Mitternacht. Die Breite eines Ortes bezeichnet aber nur den Parallelkreis, unter welchem er liegt, nicht seine Lage; um diese auszumitteln, mufs der Winkel bestimmt werden, den der Meridian des Ortes mit dem Meridiane eines anderen als bekannt angenommenen Ortes macht, zugleich aber auch nach welcher Seite desselben gerechnet worden ist; man erhält dann die Bezeichnung des Punctes im Parallelkreise, in dem der Ort liegt, und mithin dessen Lage selbst. Jenen Winkel nennt man die (geographische) Länge des Ortes, und den angenommenen Meridian (den man jetzt gewöhnlich 20° westlich von Paris und durch einen gewissen Punct der Insel Ferro gehend setzt) den ersten Meridian. Gewöhnlich zählt man bei der Längenbestimmung eines Ortes ostwärts vom ersten Meridian, oder man unterscheidet auch östliche und westliche Länge, und den Winkel selbst, den beide Meridiane mit einander machen, bestimmt man durch den zwischen ihnen enthaltenen Bogen des Aequators. Zur Erleichterung dieser und ähnlicher Bestimmungen, so wie zur Erläuterung der mathematischen Geographie überhaupt, welche diese Gegenstände näher untersucht, dienen die künslichen Erdkugeln (Globi terrestres). Vergl. C. B. Mollweide: Kurzgef. Beschreib. der künstl. Erd-

und Himmelskugel, nebst Erklärung ihres Gebrauchs. Leipzig 1818. 8. — Wäre es möglich, sich oben in der Luft schwebend zu erhalten und sich zugleich der Beschleunigung der Schwungkraft zu erwehren, so würde man die Erde binnen 24 St. umreisen können. Blicken wir zum Himmel, so erscheint uns dieser als eine grosse hohle Kugel (Sternkugel, deren andere Hälfte wir uns unter unsern Füssen gedenken müssen), welche unsere Erde nach allen Seiten umgiebt, an ihrer Oberfläche die Gestirne enthaltend, deren verschiedene Abstände zu schätzen, dem blossen Auge, wegen der zu grofsen Entfernung unmöglich wird. Die Erde selbst scheint sich dabei in eine weite Ebene auszudehnen, die mit den Weltkörpern umher zusammengrenzt; jenen Kreis in welchem die Zusammengrenzung von Himmel und Erde statt zu finden scheint, nennen wir den Bewegungskreis, Gesichtskreis oder Horizont, und so wie hier die durch's Auge des Beobachters gehende Horizontalebene (Planum horizontale) einen Horizontalkreis (Circulus horizontalis, Horizon) am Himmelsgewölbe abzuschneiden scheint, so auch die Verticalebene einen Verticalkreis, und der Beobachter glaubt im Mittelpuncte aller dieser Kreise zu stehen. Die Linie im Horizonte, wo der Meridian den Horizont durchschneidet, heifst die Mittagslinie des Ortes, die für jeden gegebenen Ort gefunden wird, nach verschiedenen, in den Lehrbüchern der Astronomie aufgeführten Methoden. Ein nur in der aufgefundenen Mittagsebene auf und nieder bewegbares Fernrohr, heifst ein Mittagsfernrohr, Durchgangsfernrohr (Culminatorium), oder Passageinstrument, indem es zur Beobachtung des Durchgangs der Sterne durch den Meridian bestimmt ist. Der in der Mittagsfläche befestigte Quadrant, führt den Namen Mauerquadrant. Alle Erscheinungen die ihren Grund in dieser kugelähnlichen Ansicht haben, machen zusammen die spärische Astronomie (Astronomia sphaerica) aus; während das mittelst des Verstandes als wirklich im Raume vorhanden und vorgehend Erschlossene unter dem Namen der theorischen Astronomie begriffen wird. Letztere zerfällt wieder in die mathematische (d. i. die Gröfsen des cosmisch Beweglichen und der Bewegungen bestimmende) und physische (d. i. die Gesetze der mit und an den Weltkörpern vorgehenden Veränderungen und deren Ursachen achweisende). Ausserdem unterscheidet man auch ausübende (beobachtende) oder praktische und erklärende (den Grund der beobachteten Erscheinungen darthuende) oder theoretische Astronomie. — Man nennt jenen Horizont den

scheinbaren, im Gegensatze des wahren, den eine durch den Mittelpunct der Erde mit jenem parallel gelegte Ebene, an der Himmelskugel abschneiden würde. Jene Gegend des Horizonts wo die Gestirne aufgehen, nennt man Morgen oder Osten, wo sie untergehen Abend oder Westen; und die zwischen beiden, wo sie über dem Horizonte stehen Mittag oder Süden, so wie die ihr entgegengesetzte Mitternacht oder Norden. Es rühren diese Benennungen von der Sonne her, indem man die Zeit ihres Aufganges (Ortus) Morgen, und die ihres Untergangs (Occasus) Abend nennt. Jener Punct der gerade über unserem Scheitel liegt, und den man als den Pol des Horizonts anzusehen hat, heifst der Scheitelpunct oder das Zenith; der ihm entgegengesetzte der Fufspunct oder das Nadir; und bestimmen wir die beiden festen Puncte an der Sternkugel, zwischen denen die parallelen Kreise der Sterne, zwischen ihrem Auf- und Untergang, durch ihre Bahnen beschrieben werden, so nennen wir diese Puncte Weltpole und die zwischen beiden gedachte gerade Linie die Weltaxe. Derjenige Punct den wir über unserem Horizont haben, liegt in der nördlichen Himmelsgegend und heifst daher der Nordpol; der ihm entgegengesetzte, unter dem südlichen Horizont liegende der Südpol; und den gröfsten Parallelkreis zwischen diesen Weltpolen nennt man auch (vergl. oben) Gleicher oder Aequator, weil die Himmelskörper die ihre Bahnen in ihm haben, gleichlang über und unter dem Horizonte bleiben, An solchen Orten der Erde, durch deren Zenith dieser Aequator geht (die unter der Linie liegen) verweilt jeder andere Himmelskörper über und unter dem Horizonte gleich lang. Denken wir uns einen Kreis, der durch die Weltpole und das Zenith und Nadir geht, so ist dieses ein Meridian oder Mittagskreis; indem jeder Himmelskörper zwischen seinem Auf- und Untergange auf der Mitte seines Weges ist, wenn jener Kreis durch dessen Mittelpunct geht, wodurch z. B. bei der Sonne die Mitte des Tages (Mittag) entsteht. Steht die Sonne im oberen Meridiane (in der Hälfte des Meridians über dem Horizonte) so haben wir Mittag; im unteren (in der Hälfte des Meridians unter dem Horizonte) Mitternacht (vergl. oben). Die Kreisbahn welche die Sonne von ihrem Aufgange an über dem Horizont beschreibt, heifst ihr Tagesbogen, und jene, welche von ihr, vom Untergange an, unter dem Horizont beschrieben wird, ihr Nachtbogen: beide Bogen zusammen bilden einen Tageskreis (Circulus diurnus). Aufgang, Culmination und Niedergang bemerken wir

auch am Monde und eben so an den Sternen, jedoch nicht an allen. Denn ihre Tageskreise laufen einander parallel, gegen Norden hin immer kleiner werdend, bis man endlich auf den fast unbeweglich scheinenden Polarstern kommt. Diejenige Linie auf der Erde, welche die Ebene des Meridians durch ihren Schnitt mit ihr bezeichnet, nennt man die Mittagslinie (s. oben); auf ihr liegt zu Mittage der Schatten eines senkrecht auf der Erdfläche stehenden Stift's oder Zeiger's, wovon man in der Gnomonik weitere Anwendungen auf die Verfertigung der Sonnenuhren macht. (die zu den ältesten Uhren gehören.) Theilt man den Horizont, wie jeden Kreis, in seine 360 Grade, so giebt der 90ste Grad von diesem Puncte, in der östlichen Gegend den wahren Ost- und in der westlichen den wahren Westpunct, so wie jene Puncte des Horizonts, durch welche der Meridian in Süden und Norden geht, der wahre Süden und Norden heifsen. Zwischen diesen vier Haupt- oder Cardinalgegenden des Horizonts liegen die Nebengegenden, deren Benennungen aus den Namen der Hauptgegenden zusammengesetzt sind. Z. B. Nordost, Südost, Südwest und Nordwest u. s. w. die übrigen, Unterabtheilungen der Schiffsrose. Aber nicht nur der Meridian, sondern auch jeder andere aus den Weltpolen durch den Aequator gezogene Kreis, theilt die Zeit der Bewegung der Himmelskörper über und unter dem Horizonte ab; und die dadurch auf dem Aequator abgeschnittenen Theile, verhalten sich zum ganzen Aequator, wie die Zeit der Bewegung durch einen solchen Theil, zur Zeit durch den ganzen Kreis. Die Eintheilung dieser Zeiten nach den Stunden u. s. w. hat zur Veranlassung gedient, jene Kreise auch Stundenkreise, so wie die Winkel, welche sie an den Polen mit einander machen, Stundenwinkel zu nennen; die zwischen den Schenkeln dieser Winkel enthaltenen Grade des Aequators liefern das Maas derselben. Auch der Aequator selbst (oder statt dessen ein Parallelkreis von ihm) kann auf gleiche Weise wie er sonst nach Graden getheilt wird, nach Stunden, Minuten u. s. w. eingetheilt werden. So theilt man die Zeit in welcher ein Himmelskörper den ganzen Kreis durchläuft, in 24 Stunden, mithin kommen auf eine Stunde 15 Grade (auf eine Minute 15′, auf eine Secunde 15″), weil diese der 24te Theil von 360° sind. Man nennt das eine dieser Maase Raummaas, das andere Zeitmaas; zum ersteren dient ein künstlich eingetheilter und mit Dioptern, oder einem Fernrohre versehener Kreisbogen, zum letzteren eine ganz gleichförmig gehende Uhr, wohin die Längenuhren oder Seeuhren

oder Zeithalter und die Chronometer gehören. Vergl. §. 21. Bem. 7. (Die Grösse eines Grades am Himmelsbogen kann durch den scheinbaren Durchmesser der Sonne — oder durch den beinahe ebenso grofsen scheinbaren Durchmesser des Mondes — versinnlicht werden, indem derselbe fast einen halben Grad einnimmt. Ausser den Uhren bedarf der ausübende Sternforscher vorzüglich Fernröhre und Winkelmesser oder Goniometer. Erstere sind entweder dazu bestimmt, die Beschaffenheit der Oberflächen der Gestirne zu untersuchen, und haben dann — während sie stark vergröfsern — ein kleines Gesichtsfeld, oder man beabsichtigt mit ihrem Gebrauche die Ueberschauung eines grofsen Theils des Himmels, daher sie dann mit weiteren Gesichtsfelde versehen sein müssen und also eingerichtet Kometensucher genannt werden; vgl. Cap. X. Die Winkelmesser sind gewöhnlich – möglichst genau gearbeitete und in 90 Grade, nebst zugehörigen Minuten und Sekunden getheilte — Viertelskreise oder Quadranten. Für alle diese und mehrere ähnliche Apparate mufs in gutem, einstöckigen, möglichst gegen Erschütterung gesicherten, freigelegenen Sternwarten oder Observatorien, fester, beliebige Zeit hindurch unveränderlich andauernder Stand gesichert sein.) Geht ein Gestirn durch den Meridian eines Ortes, so nennt man diefs culminiren, und die Zeit, welche zwischen zwei aufeinander folgendeu Culminationen eines Sterns verstreicht, einen Sterntag, oder einen Tag der ersten Bewegung. Liegen daher dem obigen gemäfs, zwei Orte der Erde um 15° in der Länge von einander verschieden, so wird der, welcher weiter gegen Morgen liegt, denselben Stern eine Stunde früher in seinen Meridian bekommen, als der andere; woraus sich auf den Längenunterschied beider Orte schliessen läfst. Diese Bewegung der Gestirne ist scheinbar, und Erfolg der Axendrehung der Erde (s. oben); man nennt sie die tägliche oder gemeine Bewegung, so wie den Kreis, den jedes Gestirn dadurch zu beschreiben scheint, seinem Tages- oder Parallelkreis (s. oben), weil er dem Aequator des Himmels parallel läuft. So verschieden die Lage des Aequators und der Weltaxe gegen den Horizont ist, so verschieden ist auch die jener Kreise gegen ihn. Daher scheint unter dem Aequator jeder Himmelskörper in einer auf den Horizont senkrechten Ebene auf- und unterzugehen, und die eine Hälfte seines Parallelkreises fällt über, die andere unter dem Horizonte (senkrechte Himmelskugel, Sphaera recta). An Orten zwischen dem Aequator und einem Pole, sind die Ebenen jener

Kreise unter denselben Winkel gegen den Horizont geneigt, als der Aequator selbst, und die Bewegung der Himmelskörper geht in einer schiefen Richtung gegen ihn (schiefe Himmelskugel, Sphaera obliqua); unter den Polen endlich gehen sie dem Horizonte parallel, und jedes Gestirn scheint sich in stets gleichem Abstande vom Horizont herumzubewegen (gleichlaufende Himmelskugel, Sphaera parallela); und es findet weder Auf- noch Untergang statt. Uebrigens unterscheidet man obere und untere Culmination; erstere läfst den Stern — in Beziehung auf den Beobachter — einmal des Tages die gröfste Höhe, letztere die niedrigste Tiefe erreichen. Sterne, die uns nie untergehen, haben beide Culminationen über unserem Horizonte. — Durch den Parallelkreis der Sonne entsteht der Wechsel von Tag und Nacht. Die Zeit von einem Mittag zum anderen heifst ein Sonnentag, der (weil die Sonne nicht wie die Fixsterne unverrückt bleibt, sondern sich in der Ecliptik um etwas vorwärts, d. h. von Abend gegen Morgen, mithin der täglichen Bewegung des Himmels entgegen bewegt) um etwas länger ist als ein Sternentag. (Der erstere ist = 24 Stunden 3 Min. und 56 Sec. Sternzeit, der letztere = 23 St. 56 Min. 4 Sec. Sonnenzeit.) Liegen zwei Erdenorte um 15° Länge von einander ab; so hat der eine eine Stunde früher Mittag als der andere; und zwar hat ein nach der östlichen Seite des Ersteren liegender Ort, wenn es bei jenem Mittag ist, 1 Uhr, der nach der westlichen Seite um 15° Länge abwärts liegende Ort 11 Uhr u. s. w. vergl. oben. Könnte Jemand binnen 24 Stunden die Erde umreisen, und zwar so, dafs er sich von seinem Ausgangsorte auf dem Parallelkreise in derselben Richtung fortbewegte, in welcher die Sonne am Himmel fortzugehen scheint, so würde er die Sonne während der Zeit seiner Reise nicht untergehen sehen. Gesetzt aber die Reise gehe langsamer, so wird er dennoch (wie dieses Magellan zuerst bemerkte), wenn er in der Richtung von Morgen nach Abend um die Erde reiste, am Ende einen Wechsel von Tag und Nacht (oder einen Tag) weniger haben, als er an dem Orte, von wo er ausreiste, gezählt hätte; und umgekehrt, reiste er von Abend nach Morgen um die Erde, so würde er aus demselben Grunde zuletzt einen Tag mehr zählen. — Obiger Unterschied der Sonnen- und Sterntage gilt jedoch nur vom mittleren Sonnentage; denn wiewohl die Sonne im Durchschnitt genommen täglich fast um einen Grad von Westen nach Osten fortrückt, so beträgt doch diese Bewegung genau genommen nicht jeden Tag gleich viel, und nur am 11

Februar, 14 Mai, 26 Juli und 1 November ist der wirkliche Sonnentag dem mittleren fast gleich. — Legt man durch einen über dem Horizonte vorhandenen Himmelskörper einen Kreis, der zugleich durch das Zenith und Nadir geht, so nennt man den zwischen Horizont und Zenith befindlichen Quadranten desselben, einen Scheitelkreis oder Höhenkreis, und der Theil von ihm, der vom Horizonte bis an den Himmelskörper geht, die Höhe des Gestirns über dem Horizonte, oder seine Elevation, welche durch Grade, Minuten und Secunden dieses Bogens gemessen wird. Vergl. m. Grundzüge a. a. O. Der ganze Kreis heifst der Verticalkreis, und es kann die Höhe jedes Punctes am Himmel (wo auch kein Stern ist) bestimmt werden; z. B. die Polhöhe oder die Höhe des Aequators, ist der in Graden und Theilen derselben ausgedrückte Bogen des Meridians, welcher sich zwischen dem Pol, oder zwischen einem Puncte des Aequators und des Horizonts befindet. Uebrigens wird durch die Höhe des Gestirns nur der mit dem Horizonte parallel laufende Kreis (das Almucantharat), in welchem es steht, bezeichnet; von Sternen die gleiche Höhen haben, sagt man daher: sie haben gleiches Almucantharat. (Einen anderen Parallelkreis mit dem Horizonte, 18° tief unter ihm, nennt man den Dämmerungskreis, weil er, wenn ihn die Sonne erreicht, die Grenze der Dämmerung bezeichnet.) Um daher die Lage des Sterns über dem Horizont vollkommen zu bestimmen, giebt man noch den Winkel, den sein Scheitelkreis mit dem Meridiane des Orts am Himmel (sein Azimuth, welches auch durch Grade ausgedrückt wird, die man vom Meridiane zu zählen anfängt, und welches entweder östlich oder westlich ist) macht, genau an; und um die Weite oder Distanz zweier Sterne von einander zu bestimmen, legt man einen Kreis durch ihre beiden Mittelpuncte und durch den Mittelpunct der Himmelskugel, und mifst das zwischen den Sternen gelegene kleinere Stück desselben. Von dieser Weite ist der wirkliche Abstand oder die Entfernung zweier Sterne von einandes unterschieden (vergl. oben), womit man die Gröfse der geraden Linie bezeichnet, die im Weltraume zwischen ihren Mittelpuncten enthalten ist, und im Längenmaase nach Meilen, Erdhalbmessern, Fixsternweiten etc. ausgedrücks wird.

v) Eine zweite scheinbare Bewegung, welche wegen der ungeheuren Entfernung nicht sowohl die Fixsterne, sondern zunächst nur die Sonne trifft, ist diejenige, welche die Erde durch ihre fortschreitende Bewegung um die Sonne bewirkt.

Dadurch, dafs nämlich die Erde in ihrer mehr oder minder kreisartigen Bahn, z. B. von A nach B fortrückt, wird es dem Beobachter auf der Erde scheinen, als wenn sich die Sonne in der entgegengesetzten Richtung am Himmmel fort, und um die scheinbar stillstehende Erde herumbewege (und zugleich bemerkt man, dafs der scheinbare Durchmesser der Sonne am gröfsten ist, wenn sie am schnellsten fortrückt). Diese scheinbare *Sonnenbahn* oder *Ecliptik* durchschneidet den Himmelsaequator unter einem Winkel von 23° 28; mithin macht die Erdbahn mit der Ebene des Erdaequators denselben Winkel. Jene Durchschnitte nennt man *Nachtgleichen* oder *Aequinoctialpuncte* (*Frühlings- und Herbstnachtgleichenpunct*); und ein gröfster Kreis durch beide Puncte und durch die Weltpole gezogen, heifst der *Colur der Nachtgleichen*. Die 90° von der Ecliptik abstehenden Puncte der Himmelskugel, nennt man die *Pole der Ekliptik*; jeder derselben ist von dem ihm zunächst liegenden Weltpole um 23° 28′ entfernt. Auf ähnliche Weise wie der Durchschnittspunct des ersten Meridians und des Erdaequators (s. oben) zur Bestimmung der Lage der Orte benutzt wird, so dient auch der Frühlingsnachtgleichenpunct zur ähnlichen Nachweisung der Lage der Himmelskörper; und man nennt den zwischen dem Frühlingsnachtgleichenpuncte und dem Abweichungskreise eines Gestirns enthaltenen Bogen des Aequators seine *gerade Aufsteigung* (Ascensio recta). Bestimmt man hingegen die Lage der Gestirne gegen die Ecliptik, so heifst der Abstand von ihr die *Breite*, so wie der zwischen dem Frühlingsnachtgleichenpuncte und ihrem Breitenkreise enthaltene Bogen der Ecliptik, die *Länge* derselben; bei der geraden Aufsteigung sowohl als bei der Länge, zählt man von dem Frühlingsnachtgleichenpuncte nach derjenigen Seite zu, wo der nördliche Theil der Ecliptik hinfällt; s. oben B. u m. *Grundzüge* a. a. O. — Die Ecliptik wird in 12 gleiche Theile oder *himmlische Zeichen* getheilt, von denen also jedes 30° hat. Ihre Namen sind von den ehemals benachbarten Sternbildern (*Widder, Stier, Zwillinge, Krebs, Löwe, Jungfrau, Waage, Scorpion, Schütze, Steinbock, Wassermann, Fische*) entlehnt, und auf folgende Weise bezeichnet: ♈, ♉, ♊, ♋, ♌, ♍, ♎, ♏, ♐, ♑, ♒, ♓. Es fängt diese Eintheilung beim Frühlingsnachtgleichenpunkte an, und die *Ordnung der Zeichen* geht durch den nördlichen Theil der Ecliptik nach dem südlichen. Jene Puncte wo die Sonne die gröfste nördliche oder südliche Abweichung hat (der Anfangspunct des ♋ und ♑) nennt man *Sonnenwende-* oder

Sonnenstillstandpuncte (Puncta solstitialia) weil zur Zeit wenn sich die Sonne in ihnen befindet, sie stille zu stehen scheint, und ihre Abweichung nur sehr wenig ändert. Der Anfangspunct des ♋ (90° vom Frühlingsnachtgleichenpuncte) heifst der Sommmerpunct (Solstitium aestivum), der des ♑ (auf der südlichen Seite 27° der Länge) der Winterpunct (Solstitium hibernum). Ein Kreis durch diese Puncte und die Weltpole wird der Colur der Sonnenwende genannt; und die durch dieselben Puncte dem Aequator parallel gezogenen Kreise, heifsen Wendekreise (der nöreliche des Krebses Tropicus cancri, der südliche des Steinbocks Trop. capricorni) innerhalb welcher die Sonnenbahn eingeschränkt ist. Vor ohngefähr 2000 Jahren nahmen die benachbarten Sternbilder gleiches Namens die Stellen der Zeichen ein. Da sich nun aber die Lage dieser Sternbilder um einen ganzen zwölften Theil (= 30°) geändert hat, so weichen die Namen der Zeichen, von jenen der jetzt in ihnen vorhandenen Sternbilder ab. Sonst war der erste Punct im Sternbilde des Widders der Punct der Frühlingsnachtgleiche, jetzt ist es der erste im Sternbilde der Fische. Das Zeichen steht also um 30° rückwärte von dem Sternbilde, dessen Namen es führt. — Während daher die Sternbilder scheinbar vorwärts gegangen sind und die Sonne um 30° eingeholt haben, sind die Nachtgleichenpuncte um eben soviel zurück gegangen. Es beträgt diese fortdauernde Veränderung in 100 Jahren 1° 23 35″, für 1 Jahr mithin 50,15 Sekunden. Der zwischen dem Orte der Sonne und dem Frühlingspnncte (0 ♈) nach Ordnung der Zeichen gerechnete Bogen der Ecliptik, heifst die Länge der Sonne (Longitudo solis); und wenn man die Zeit, welche die Sonne braucht um ihre scheinbare Bahn zu vollenden (d. h. welche verfliefst, bis die Sonne wieder zu denselben Sternen zurückkehrt, von welchen sie ausgegangee war oder die Länge des sogenannten astronomischen Sonnenjahres = 365 Tage 5 Stunden 48 Minuten und 48 Secunden) in 360° dividirt, so kommt für die tägliche mittlere Bewegung der Sonne in der Ecliptik 59′ 8″, und theilt man das astron. Jahr in zwölf gleiche Theile, so kommen auf jeden derselben 30 Tage 10 Stunden 29 Minuten 4 Secunden, und dies giebt den Sommermonath. Im gemeinen Leben theilt man diese Zeit bekanntlich nur nach Tagen ein, sieben Monathe zu 31, vier zu 30 und einen zu 28 Tage ansetzend, und aus den übrig bleibenden 5 Stunden 58 Min. und 48 Sek. alle vier Jahre einen Einschalttag (den 29ten Februar) bildend, woher denn jedes vierte oder sog. Schaltjahr 366 Tage bekommt; jedoch ist dadurch

der Fehler noch nicht ausgeglichen, und auch dadurch nicht, dafs man alle 400 Jahre 3 Schalttage wegläfst, sondern nur durch die §. 21. Bem. 7 angegebene Schalttage Vertheilung. — Die Abtheilung der Monathe in Wochen scheint theils auf die mosaische Schöpfungsgeschichte, theils auf die die vier Lichtabwechselungen des Mondes zu gründen, deren jede ohngefähr 7 Tage umfafst. Die Tags-Benennungen sind astrologischen Ursprungs, und für jeden einzelnen Tag von dem Planeten entlehnt, der die erste Stunde des Tages regiert.

Zur Erläuterung sämmtlicher obiger Eintheilungen, dient die Ringkugel (Sphaera armillaris). Der Raum den die Sonne zurükklegt, ist nicht immer gleich, (s. oben Bem. u) indem die Erde in ihrer Bahn nicht mit gleichförmiger Winkelgeschwindigkeit um die Sonne läuft; sie steht nämlich im Sommer weiter von der Sonne und bewegt sich langsamer fort als im Winter; (vergl. §. 68. Bem. 1. und oben Bem. 2. v.) und dieser Unterschied ihrer Geschwindigkeit ist so beträchtlich, dafs die Sonne im nördlichen Theile des Thierkreises fast 8 Tage länger als im südlichen verweilt; Frühling und Sommer mithin 8 Tage länger dauern, als Herbst und Winter. (Die Sonnnähe fällt für die Erde in den Anfang des Januars, die Sonnenferne Anfangs July und es rücken die Punkte der Sonnennähe und Sonnenferne in der Erdbahn von Jahr zu Jahr um 1′ 2,1″ fort). Jedoch hat man mit Hülfe der höhern Mathematik Mittel aufgefunden, die wahre Länge der Sonne (ihren Ort in der Ecliptik) für jede Zeit zu berechnen, und so Sonnentafeln zu verfertigen, aus denen man für jeden Tag des Jahrs die Länge der Sonne, so wie ihre nördliche und südliche Abweichung in die astronomisschen Calender überträgt. Zu den vorzüglicheren ersteren gehören: Tabulae motuum solis novae et correctae ex theoria gravitatis et observationibus recentissimis erutae etc. auctor. Fr. de Zach. Gothae 1792; zu den letzteren: die Pariser Connoissance des temps, die Wiener Ephemeriden und das Berliner astron. Jahrbuch etc. — Im Sommer hat mithin die Sonne die gröfste, im Winter die kleinste Culminationshöhe. Zwischen beiden liegen die Frühlings- und Herbstsculminationshöhen. Im Aequator selbst erscheint die Sonne den 21ten März und den 23ten September; ihre höchste nördliche Entfernung erreicht sie den 21 Junins und die höchste südliche den 23ten December. Man nennt diese verschiedenen Entfernungen der Sonne vom Aequator die Abweichungen derselben und wieviel sie für's ganze Jahr betragen zeigt folgende Tabelle (vergl. Bessel a. a. O.

Nördlich.					Abweichung d. Sonne.	Südlich.				
21	März	und	23	Septbr.	0°	23	Septbr.	und	21	März
23	—	—	21	—	1	26	—	—	18	—
26	—	—	18	—	2	28	—	—	16	—
28	—	—	16	—	3	1	Octbr.	—	13	—
31	—	—	13	—	4	4	—	—	11	—
3	April	—	10	—	5	6	—	—	8	—
5	—	—	8	—	6	9	—	—	6	—
8	—	—	5	—	7	11	—	—	3	—
11	—	—	2	—	8	14	—	—	28	Fbr.
13	—	—	31	August	9	17	—	—	26	—
16	—	—	28	—	10	19	—	—	23	—
19	—	—	25	—	11	22	—	—	20	—
22	—	—	22	—	12	25	—	—	17	—
25	—	—	19	—	13	28	—	—	14	—
28	—	—	16	—	14	31	—	—	11	—
2	May	—	12	—	15	3	Novbr.	—	8	—
5	—		9	—	16	6	—	—	5	—
8	—	—	6	—	17	10	—	—	2	—
12	—	—	2	—	18	13	—	—	29	Jan.
16	—	—	29	Juli	19	18	—	—	25	—
21	—	—	24	—	20	22	—	—	21	—
26	—	—	19	—	21	27	—	—	16	—
1	Juni	—	13	—	22	3	Decbr.	—	10	Jan.
			21	Juni	23 ½	22	—	—		

Ist die Sonne in einem der Nachtgleichenpuncte angelangt, so steht sie im Himmelsaequator; und mithin gerade über dem Erdäquator; ihre Stralen werden dann zu den Seiten desselben auf beide Hälften der Erde unter ganz verschiedenen Winkeln geworfen; und je schiefer sie auffallen, um so mehr ist ihre Wirkung geschwächt. Die Dauer des Tages ist daher an verschiedenen Erdorten, nach dem verschiedenen Sonnenstande ebenfalls verschieden. Die unter dem Aequator liegenden Orte haben stets Tag und Nacht gleich; in den übrigen Erdorten ist dieser Fall nur dann gegeben, wenn die Sonne in einem der Nachtgleichenpuncte steht. Je weiter sich die Sonne vom Aequator entfernt, um so mehr nehmen die Tage in der einen Halbkugel zu, in der anderen ab; an den Polen ersetzt ein halbjähriger Tag die halbjährige Nacht. Ausser der verschiedenen Tageslänge, bewirkt die Sonne auch in ihrem verschiedenen Stande gegen die Erde Verschiedenheit der Beleuchtung und Erwärmung der Erdorte; und hiernach theilt man die Erdoberfläche in 5 Zonen; eine heise, zwei gemäſsigte, und zwei kalte. Theilt man die

ganze Fläche in 1000 Theile, so gehen 398 auf die heise Zone; die Sonne geht hier fast lothrecht auf und unter und jeder Ort hat sie jährlich zweimal im Zenith. Der längste Tag hat nahe an den Wendekreisen höchstens 13½ Stunde, der kürzeste 10½. Das Thermometer fällt in den nördlichen Breiten nicht unter 15° + 0.° Ausser besonderen Localverhältnissen, finden keine abweichende Extreme der Wärme statt, und der Wechsel der Jahrszeiten (d. i. des einigermaafsen periodischen Ganges der Witterung) besteht in ziemlich regelmäfsiger Abwechselung von Trocknifs und Regenwetter. Diesseits der Linie trifft die Regenzeit zwischen die Frühlings- und Herbstaequinoctien; jenseits umgekehrt. Die gemäsigten Zonen von den Wendezirkeln bis zu 23½° von den Polen, nehmen 520 Theile ein. In der Nähe des Polarkreises nehmen die längste Tage bis zu 24 Stunden an Dauer zu; die Dämmerung wächst und dauert nach Norden zu schon die ganze Nacht hindurch. Der Wechsel der Jahreszeit ist vierfach, die Extreme von Wärme sind beträchtlich. Die kalten Zonen innerhalb der Polarkreise haben mitten unter den Polen halbjährige kalte Nächte; in 67½° Breite dauert der längste Tag ein Monat. Die langen Dämmerungen, wodurch Abend und Morgen fast zusammengrenzen, machen, dafs die Polarnächte als Nächte nur 3 Monate dauern. Eigentlich wechseln nur zwei Jahreszeiten; die Kälte ist sehr heftig, häufig 4 Wochen langes Gefrieren des Quecksilbers zur Folge habend; die Wärme in der Polnähe selbst im Spätsommer selten über 15° bis 16° + 0. In der heisen Zone, ist immerwährender Sommer; in der Mitte der gemäsigten Zone: Wechsel zwischen Frühling, Sommer, Herbst und Winter; diesseits und jenseits etwa 10° um die Polarkreise: Wechsel zwischen Sommer und Winter; an den Polen steter Winter selten durch Frühlingstage unterbrochen. — Ausserdem theilt man die Erde noch, vom Aequator bis zu den Polarkreisen auf jeder Seite in 24 Climata, an deren Grenze der Unterschied des längsten Tages ½ Stunde beträgt; und von den Polarkreisen bis zu den Polen auf jeder Seite noch in 6, an deren Grenzen jener Unterschied einen Monat ausmacht. Nimmt man bei der Climabestimmung, auf Erwärmung und Einflufs der Erdoberfläche auf die Witterung Rücksicht, so unterscheidet man noch folgende: das Alpenclima, das einzelner hoher Berge, das der Gebirgsebenen, das tiefer Ebenen, das Thalclima, das waldiger Gegenden, das der Sandwüsten, das der flachen Sumpfländer, und das der Küsten und Inseln. Die specielle metereologische Geographie ertheilt hierüber nähere Belehrung. Vergl. Kants phys. Geograph. Bergmanns physikalische Erdbe-

schreibung, die vorzüglichsten Reisebeschreibungen und Lampadius Atmosphärologie. Freiberg 1806. Dessen Beiträge zur Atmosphärologie. Mit 1 Kupf. Freiberg 1817. 8. — Rücksichtlich des Schattens den die Bewohner der Zonen zu Mittag werfen, nennt man die der heisen Zone: unschattige oder auch zweischattige (Ascii, Amphiscii); die der gemässigten Zone einshattige (Heteroscii) und die der kalten umschattige (Periscii). — Alle Planeten laufen übrigens nach der Ordnung der Zeichen um die Sonne, die älteren innerhalb einer schmalen Zone des sogenannten Thierkreises (Zodiacus), die neueren zu beiden Seiten der Ecliptik bis auf 10° abweichend, und unter diesen vorzüglich Pallas und Juno, von denen die erstere Ceres in ihrer Bahn verfolgt, beträchtlich über die Grenzen der Ecliptik hinaus gehend.

w) Tabelle der mittleren Entfernungen der Planeten in Millionen geographischen Meilen, der Neigungen der Planeten-Bahnen gegen die Erdbahn und der scheinbaren Gröfse der Sonne in Flächenräumen, gesehen aus jedem der Planeten.

	Mittlere Entfernung in Millionen geogr. Meilen.	Neigungen der Bahnen gegen die Erdbahn.			Scheinbare Grösse der Sonne, wie sie sich darbieten würde auf:
		Grade.	Min.	Sec.	
☿ Merkur	8	7	0	9	7
♀ Venus	15	3	23	32,7	2
♁ Erde	20,8				1
♂ Mars	31,7	1	51	3,5	4/9
⚶ Vesta	49	7	8	5	1/8
⚵ Juno	55,6	13	4	12	1/8
⚳ Ceres	57,7	10	37	31	1/8
⚴ Pallas	57,7	34	35	2	1/8
♃ Jupiter	108,4	1	18	51,5	1/27
♄ Saturn	198,9	2	29	38,1	1/91
⛢ Uranus	397,9		46	26	1/368
☾ Mond	abwechselnd etwas gröfser und kleiner als die der Erde.	5	8	47	(bald etwas grösser bald etwas kleiner als von der Erde aus gesehen.)

Tabelle der Entfernungen der Planeten in deutschen Meilen, funfzehn auf einen Grad.

	Sonnennähe.	Sonnenferne.	Mitlere Entfernung.
Merkur	6412966,2	9734529	8073747,6
Venus	14981922,44	15191117,86	15086520,15
Erde	20505943	21208073	20857008
Mars	28822773,6	34736517,8	31779645,7
Vesta	44920988,4	53321185,6	49121087
Juno	41446601	69811093	55628847
Ceres	53197524	62242054	57719789
Pallas	43601598	71902352	57751975
Jupiter	103272002,05	113719553,05	108495777,55
Saturn	187719120	210249152	198984136
Uranus	380233449	415745061	397989255

Tabelle der Bahnen und der Umlaufszeiten der Planeten um die Sonne.

Bahnen in geogr. Meilen.				Umlaufszeiten. Jahre.	Tage.	Stunden.	Minuten.
Merkur	(über)	50	Mill.	—	87	23	14
Venus	—	95	—	—	224	16	41
Erde	—	131	—	1 oder	365	5	48
Mars	—	200	—	1	321	4	42
Vesta	—	291	—	3	224	9	15
Juno	—	362	—	4	131	10	30
Ceres	—	363	—	4	220	5	52
Pallas	—	364	—	4	221	15	35
Jupiter	—	682	—	11	312	20	39
Saturn	—	1280	—	29	154	13	16
Uranus	—	2514	—	83	274	8	38

Anmerk. Nach Spath (a. a. O. S. 57.) ist die Anziehung der Sonne 363800mal und die des Uranus 18,8mal gröſser, als die Anziehung unserer Erde anzunehmen; hiernach wird der Uranus von der Sonne 20000mal stärker angezogen, als letztere von ersterem (in seiner mittleren Entfernung von 400 Millionen Meilen). Dürfte man annehmen, daſs die Anziehung des Uranus in einem Abstande von 500 Millionen Meilen fast unmerklich sei, so würde die unserer Erde in $^{500}/_{18,8}$ Mill. oder in 26600000 Meilen, und jene unseres Mondes in 416000 Meilen unmerklich werden; a. a. O.

Tabelle der Dichtigkeiten, Massen und Sonnenabstände der Planeten.

	Mittlere Dichtigkeit.	Masse.	Verhältnifs der Abstände von der Sonne.
Merkur	2,398	0,102321	0,387
Venus	1,010	0 924269	0,728
Erde	1,000	1,000000	1,000
Mars	0,660	0,129453	1,524
Vesta	1,200	0,000078	2,355
Juno	0,530	0,004078	2,657
Ceres	0,160	0,007559	2,760
Pallas	0,940	0,002815	2,760
Jupiter	0,217	330,60	5,200
Saturn	0,039	103,69	9,593
Uranus	0,185	17,74	19,183

Die mittlere Dichtigkeit der Sonne ist = 0,236, die Masse derselben = 357886, die mittlere Dichtigkeit des Mondes = 0,719, dessen Masse = 0,015107 der Erde.

Tabelle über die Gröfse der Sonne und der Planeten.

	Durchmesser in geogr. Meilen.	Umfang in geogr. Meilen.	Körperlicher Inhalt in Vergleichung mit der Erde.
Sonne	192640	601850	14480000
Mercur	608	2168	0,045454
Venus	1649	5243	0,900000
Erde	1719	5400	1
Mars	1006	2809	0,200000
Vesta	68	186	0,000065
Juno	309	971	0,005813
Ceres	352	1106	0,008620
Pallas	465	1429	0,018867
Jupiter	19563	61174	1474
Saturn	17362	54517	1030
Uranus	7564	24317	83

Man vergl. G. H. Schubert a. a. O. d. Anhang, Lilienthalische Beobachtungen der neu entdeckten Planeten Ceres, Pallas und Juno. Göttingen 1805. 8. — Da sich der Umfang eines Krei-

ses zum Durchmesser desselben verhält, wie 355 zu 113, so findet man bei bekannter Peripherie z. B. der Erde = 15 . 360 = 5400 Meilen, dieselbe als Kugel genommen, den Durchmesser aus der Proportion : 355 : 113 = 500 : d. Multiplicirt man die Peripherie mit dem gefundenen Durchmesser, so erhält man die Oberfläche der Kugel in Quadratmaafs, und multiplicirt man die gefundene Quadratfläche mit $^1/_6$ des Durchmessers, so erhält man den Kubikinhalt der Kugel. Bode astron. Jahrb. fürs Jahr 1810. — Traité elementaire de Physique par L. Brison. Paris 1798. T. III. La Place in s. mechanique celeste. Schröter's Selenetopographische Fragmente zur genaueren Kenntnifs der Mondfläche ihren erlittenen Veränderungeu und Atmosphäre. II Bde. 1802. gr. 8. Der körperliche Inhalt der Erde ist = 2659072237 Kubikmeilen, und würde ohngefähr fünftehalb Quadrillionen Pfunde wiegen, wenn es sich darthun liefse, dafs die Erde durch und durch aus einerlei Materie bestände, von welcher das Gewicht eines Kubikfufses etwa 140 Pfund wäre. Denken wir uns die Sonne als eine hohle Kugel, und die Erde in Mitten dieser Höhlung, so würde innerhalb derselben der Mond die Erde umlaufen können, auch wenn seine Entfernung von der Erde dann fast noch einmal so grofs wäre, als sie wirklich ist; denn, den Halbmesser seinerBahn gleich 60 Erdhalbmessern gesetzt, ist jener der Sonne dagegen = 112 Erdhalbmessər, und denken wir uns die Massen aller Planeten und Trabanten unseres Sonnensystems in eine zusammenhängende Masse vereint, so würde solche ohngefähr gleich sein, dem sechshundersten Theil des wirklichen körperlichen Inhalts der Sonne. — Der körperliche Inhalt des Mondes ist = 0,0203.

x) Wahrscheinlich ist die grofse specifische Leichtigkeit der Sonnenmasse, Erfolg ihrer hohen Temperatur und der dieselbe bewirkenden chemischen Processe ihrer Masse. Die respectiven Dichtigkeiten nehmen übrigens bei den Planeten vom Mercur bis zum Saturn ab; vom Uranus wieder zu; und es mögen hierauf die Atmosphären, Meere, Eisgebirge etc. vergl. oben, bedeutenderen Einflufs haben, als man gewöhnlich glaubt, indem dadurch nothwendig in den Berechnungen der Dichtigkeiten beträchtliche Differenzen entstehen müssen. Die Massen der Weltkörper bestimmt man nach der Gröfse ihrer gegenseitigen Anziehungswirkung; die gefundene Masse und der bekannte Kubikinhalt bestimmen die Dichtigkeit. Merkur und Venus scheinen ältere, weiter ausgebildete, Mars etc. jüngere minder mannichfaltig entwickelte Planeten als die Erde zu sein. Herschel's Beobachtung zufolge soll sich der Ring des Sa-

turnus (s. oben S 225.) innerhalb 10 Stunden 32 Minuten einmal umdrehen; Schröter spricht ihm alle Rotation ab. Vgl. Bode astronom. Jahrb. 1806. — Sollte der Mond der Venus (vergl. i. oben) sich nicht bestätigen, so würde der Saturnusring für die entferntere Planetenreihe einen ähnlichen Werth haben, als ihn der Mond der Erde für die erstere Reihe hat. Sind nämlich Schröters Beobachtungen über die Rotationen des Mercur und der Venus richtig, so stimmen die 4 der Sonne am nächsten stehenden Planeten rücksichtlich ihrer Rotationsperioden (von 24 Stunden) fast ganz überein (vergl. oben), auf gleiche Weise wie die drei letzten Jupiter, Saturn und Uranus, sich durch eine ähnliche Uebereinstimmung (von ohngefähr 10 Stunden) nähern. Dieser relative Gegensatz scheint ferner noch durch die Art der Mondvertheilung, durch die starke Abplattung, die zonenartigen atmosphärischen Streifen und die geringere Neigung der Axe auf der Bahn, bei der entfernteren Reihe bezeugt zu werden, und zwischen beiden entgegengesetzten Reihen in einem mittleren Verhältnisse erscheinen dann die 4 neu entdeckten Planeten, die ihrer besonderen Beschaffenheit und Kleinheit wegen anfänglich von Herschel und anderen gar nicht als Planeten anerkannt, sondern unter der Benennung Asteroiden einer ganz neuen Ordnung zugewiesen wurden. Vergl. G. H. Schubert a. a. O. Die Bahnen der Uranustrabanten schneiden die Bahn des Uranus fast senkrecht, und eine ähnliche Lage scheint auch seine Axe zu haben, weshalb die Abwechselung der Jahreszeiten auf dem Uranus sehr stark sein dürfte?

y) Die ungleiche anziehende Wirkung der Sonne und des Mondes auf die Erde, macht, daſs die Lage des Erdaequators gegen die Erdbahn oder Ecliptik nicht beständig ist, und daſs sowohl die Schiefe der Ecliptik als auch die Durchschnittslinie des Aequators mit der Ecliptik, mithin auch die Nachtgleichenpuncte, gewisse periodische Veränderungen erleiden. Vorzüglich rücken dadurch die Nachtgleichenpuncte jährlich um ohngefähr 50″,15 der Ordnung der Zeichen entgegen, in der Weise, daſs derjenige Punct der z. B. in diesem Jahre der Aequinoctialpunct ist, im nächsten Jahre schon 50″,15 vorwärts vom Aequinoctialpunct absteht; welches man das Vorrücken der Nachtgleichen (Praecessio aequinoctiorum) nennt. Hiedurch wird die Länge der Fixsterne jährlich um 50,15 Secunden gröſser, oder sie wächst in 71 Jahren fast um einen Grad. Hiemit ändert sich auch ihre Abweichung und gerade Aufsteigung. Nach fast 26000 Jahren, haben alle Himmelskörper die vormalige Lage wieder erhalten, und man nennt diese Periode, das groſse platoni-

sche Jahr. (Vergl. J. G. F. v. Bohnenberger: Beschreib. einer Maschine zur Erläuterung der Gesetze der Umdrehung der Erde um ihre Axe. Mit 1 Kupf. Tübingen 1817. gr. 8). Fixsterne die zu Hipparchus Zeiten (128 Jahr vor Chr. Geb.) z. B. um den Frühlingsnachtgleichenpunct standen, stehen jetzt fast um 30° vorwärts nach der Ordnung der Zeichen darüber hinaus; s. oben S. 254. Die Schiefe der Ecliptik (d. i. das abwechselnde Ab- und Zunehmen der Neigung der Ebene des Erdaequators und der Ebene ihrer Bahn) ändert sich alle 100 Jahr ohngefähr um 46′ mit einer kleinen von der 19jährigen Periode der Mondbahnknoten (vergl. oben) abhängigen Ungleichheit, welche die Nutation oder das Schwanken der Erdaxe (Nutatio axis) genannt wird; mithin ändert sich die Breite der Fixsterne in 100 Jahren sehr wenig. Vergl. auch T. W. Bessel: Untersuchungen der Gröfse und des Einflusses des Vorrückens der Nachtgleichen. Eine Preisschrift. Berlin 1816. gr. 4. und m. Grundzüge S. 163.

z) Durchaus abweichend von jenen Sonnensystemen, in welchen, wie bei dem unsrigen, Planeten und ähnliche untergeordnete Weltkörper eine Sonne umlaufen, scheinen diejenigen zu sein, welche uns die Doppelsterne darbieten. Statt der einen Sonne, sind bei diesen zwei Sonnen als zu einem Systeme gehörend, gegeben, durch deren Gravitationen die Bahnen der ihnen untergeordneten Weltkörper bestimmt werden; vergl. Brandes u. Späth a. a. O. Von den wahren Doppelsternen verschieden sind die veränderlichen oder periodischen, deren Abstände zu verschiedenen Zeiten ungleich sind; vergl. Herschel in den Berlinischen Ephemeriden für das Jahr 1808. S. 226. und Huth im Astronom. Jahrb. für 1807. S. 109., so wie auch Späth a. a. O.

3) Zur Erleichterung der allgemeinen Uebersicht der verhältnifsmässigen Entfernungen der Planetenbahnen von der Sonne, der Gröfse der Sonne und Planeten, der Umlaufszeiten der letzteren und ihrer Monde etc. dient die II. Kupferfl. zu Bode's Anleitung zur Kenntnifs des gestirnten Himmels gehörig, betit.: »Das Planetensystem der Sonne, wie es seit dem Jahre 1781 bekannt geworden«, die in der Verlagshandl. auch besonders zu haben ist. Einen Theil dieser Kupfertafel (derselbe welcher als 1te Tafel in B's. Allg. Betrachtung üb. d. Weltgeb. 3. Aufl. dargestellt und womit auch zu ver-

gleichen ist: B's Betracht. d. Gestirne u. d. Weltgebäudes. Auszug aus dessen Anleit. zur Kenntnifs des gestirnten Himmels. Berlin 1816 gr. 8.) enthält in etwas veränderter Nachbildung Taf. II. Fig. 9; wozu hier nachstehende von B. entworfene Beschreibung im Auszuge folgt. »Die Tafel zeigt ausser den sämmtlich bis jetzt bekannten Planetenbahnen, auch die Bahn des Cometen vom Jahr 1759. In jeder Planetenbahn ist A die Sonnenferne und P die Sonnennähe; ☊ ist der aufsteigende, und ☋ der niedersteigende Knoten oder Durchschnittspunct der Ebenen dieser Bahnen und der Erdbahn, welche letztere in der Ebene des Papiers liegt, auf welcher jene sämmtlich niedergelegt sind. Vom ☊ bis ☋, der Richtung des Laufs der Planeten (welche die gezeichneten Pfeile nachweisen) gemäfs, neigt sich eine jede Bahn nordwärts oder liegt über der Ebene des Papiers, und vom ☊ bis ☋ südlich, oder liegt unterhalb dieser Ebene, um folgende Winkel: Bei der Mercursbahn von 7°, bei der Venus $3\frac{1}{3}$, bei Mars 3, bei Ceres $10\frac{1}{2}$, bei Pallas $34\frac{1}{2}$, bei Juno 13, bei Vesta 7, bei Jupiter $1\frac{1}{3}$, bei Saturn $2\frac{1}{2}$ und bei Uranus von $\frac{3}{4}$ Grad (vergl. z). Bei der Pallasbahn ist Neigung und Excentrität am stärksten (vergl. oben). Die Knotenlinien der Bahnen der Ceres und Pallas durchschneiden sich unter einem rechten Winkel, so dafs da wo Ceres sich am weitesten nördlich oder südlich von der Ecliptik entfernt, Pallas durch ihren auf- und niedersteigenden Knoten passirt. Die Knotenline der Juno fällt hingegen mit der von der Pallas zusammen, und die Knotenpuncte fallen nach einer und derselben Seite hin.« Es zeigten sich diese Weltkörper bis jetzt ohngefähr nach einer und derselben Seite des Sonnensystems hinaus, und liefen gemeinschaftlich in ihren eigenen Bahnen fort; und da die mittleren Entfernungen der Ceres und Pallas von der Sonne, einander fast gleich sind, so bleiben sie noch lange beisammen. Vergl. astronom. Jahrb. 1807. Taf. II. Fig. 8. n. 9. Juno und Vesta zeigten sich bei ihrer Entdeckung mit

Ceres und Pallas nach derselben Seite des Sonnensystems hinaus, und werden daher (aus der Sonne gesehen) noch mehrere Jahre mit beiden gemeinschaftlich zusammen bleiben. Vergl. astronom. Jahrb. 1808 Taf. II. Fig. 9. u. Jahrb. 1810. Die Excentricität der Junobahn ist noch etwas gröſser als die der Pallasbahn, hingegen ist die der Vesta nur etwas gröſser als die der Ceres. — Vergl. auch: H. W. Brandes Die vornehmsten Lehren der Astronomie, deutlich dargestellt. Leipzig I—IV. 1816 8.

H) Von den Wirkungen der Schwere auf einzelne Materien mit Berücksichtigung ihres Zustandes.

§. 69.

Unsere bisherigen Untersuchungen (§. 47 f.) über die Schwere, zeigten unter andern, daſs die Bestimmbarkeit der Körper zu fallen (vergl. §. 47. u. f.) im allgemeinen: Druck gegen die Unterlage zur Folge haben müsse; es fragt sich indeſs, wie sich diese Bestimmung in der Erscheinung ausnehme, bei leicht beweglichen und leicht theilbaren Materien? Vergl. §. 3. N. 4. §. 16. N. 1. §. 21. N. 4. §. 24. N. 1. §. 29 u. 32. N. 2. Materien der Art sind die flüssigen, bei denen mithin rücksichtlich jener Frage zu untersuchen ist, wie sie sich nach Maaſsgabe ihres verschiedenen Flüssigkeitszustandes beim freien Falle verhalten, und welche Veränderungen hier mit ihnen vorgehen; ferner wie sie sich gegen solche Körper verhalten, die ihren freien Fall mehr oder weniger hindern, sei es durch unmittelbaren Widerstand, oder durch von ihnen ausgeübte besondere Anziehungen?

§. 70.

Alle den freien Fall der Flüssigkeiten hindernde Massen, werden einen Druck erleiden, und zwar

nicht bloſs nach unten sondern auch nach den Seiten zu. Bei eingeschlossenen Flüssigkeiten kann aber jede Umgebung jedes denkbar kleinsten Theils, als die zum Mittelpuncte der Erde gehende Fallrichtung hindernd angesehen werden, es werden also die denkbaren Theile solcher Materien auch unter sich gegenseitig einen ihrer Dichtigkeit entsprechenden Druck ausüben; aber auch bei nicht eingeschlossenen Flüssigkeiten, wird die Schwere durch Anziehung zum Mittelpunct der Erde und durch die gegenseitige Anziehung aller Leiblichen (§. 48. N. 2.), gegenseitigen Druck und Druck gegen die untere (auch bei den möglichst verflächten und ausgebreiteten Flüssigkeiten noch sicht- und denkbare) Schicht bewirken. Bei den ausdehnsamen Flüssigkeiten wird sie durch deren Zusammenziehung um die Erde, die Ausdehnungsgewalt derselben erhöhen, und dadurch Gegendruck nach Aussen hervorbringen, und selbst die an sich nicht gewichtigen Gemeinwesen (S. 131. Bem. g.) werden, wenn dieselben zuvor durch chemische oder organisch-chemische Ziehung mit gewichtigen Materien vereint waren (z. B. gebundenes Licht, gebundene Wärme), der allgemeinen Ziehbestimmung der Schwere unterliegen; jedoch — da sie den Raum worin sie sich gebunden befinden, nicht erfüllen (und mithin auch das Raumerfüllen der einzelnen sie bindenden gewichtigen Materien nicht zu stören vermögen) — ohne bei diesem Unterliegen irgend einen Druck auszuüben (oder, was dasselbe sagen will, ohne gegen irgend ein Raumerfüllendes anzudrängen).

Bemerk. 1) Versuchen wir es zuvörderst (im folgenden

Capitel) die Frage nach dem Gesetzmäfsigen der ursprünglich durch die Schwere erzeugten An- und Gegendrängungen, d. i. des Drucks der Gewichtigen, zu beantworten, mit der Betrachtung jener Erscheinungen beginnend, welche in bemerkter Hinsicht die Flüssigen darbieten, und lafsen wir diesen Betrachtungen späterhin jene des Verhaltens der Starren unter sich und zu den Flüssigen, so wie beider zu den Gemeinwesen folgen; vergl. einstweilen §. 45 u. 46.

2) Sofern die Gemeinwesen an sich im Raume wirken, ohne ihn zu erfüllen, werden sie auch, wenn sie ungebunden, z. B. wenn sie strahlend oder geleitet wirksam sind (z. E. strahlende oder geleitete Wärme) das Raumerfüllen derjenigen nicht zu stören vermögen, durch welche sie ihr Wirken fortpflanzen, und sie werden sich in dieser Hinsicht verhalten analog den Bewegungskräften, z. B. der Wurfkraft, welche z. E. innerhalb des Raumumfanges des geworfenen Steines wirksam ist, ohne das Erfüllen seines Raumes im mindesten zu schwächen.

3) Die den Raumerfüllenden näher stehenden Elektricitäten (S. 131. Bem. g.) scheinen, besonders wenn die eine oder die andere in eingeschlossenen Gasen zur Anhäufung gebracht wird, einigermaafsen gegen die Substanz des Gases anzudrängen; indefs bedürfen hieher gehörige (auch auf Minderung der Anziehung der denkb. Gastheilchen rückführbare) Erscheinungen, deren Betrachtung dem 5ten Kap. aufbehalten ist, noch einer sorgfältigen Untersuchung, um jenen Schein als Wirklichkeit gelten lassen zu können. — J. H Waitz suchte 1745 zu beweisen, dafs sich die Masse der Luft zu derjenigen der elektrischen Materie umgekehrt verhalte, wie die Geschwindigkeiten ihrer Bewegungen, und dafs demnach die Elektricität 85834 mal leichter sei, als die atmosphärische Luft, und dieselbe um eben so vielmal in Betreff der Ausdehnsamkeit übertreffe; dessen Abh. von der Electricität etc. Berlin 1745. 4.

II. CAPITEL.

VON DEM DRUCKE DER FLÜSSIGEN.

A) Von den verschiedenen Zuständen der Flüssigen (vergl. §. 16—17).

§. 71.

VI. Versuch. Drei mit nicht zu weiter Mündung versehene (sogenannte Mixtur-) Gläser, werden, das eine mit Weingeist, das andere mit Wasser und das dritte mit Merkur bis zu drei Viertheilen gefüllt, und langsam so aus ihrer senkrechten Stellung gebracht, daſs die Flüssigkeit eines jeden Glases genöthigt wird, sich über den Rand der unverschlossenen Mündung hinaus zu begeben; es werden der Weingeist nnd das Wasser sich bis zu dem äussersten Rande verflächen, und auf diese Weise überflieſsen; bei etwas stärkerer Neigung des Glases aber, nicht am Glaſse selbst herabflieſsen, sondern für sich in (längliche Sphäroiden oder) Tropfen getheilt zu Boden fallen, endlich aber bei noch stärkerer Neigung, in Form eines zusammenhängenden Strals oder Fadens (sich frei durch die Luft bewegend)

herabfliefsen. Ist endlich das Glas von der Flüssigkeit bis auf ein 24tel entleert, so wird es dieselbe von neuem aber merklich langsamer als beim Anfange abtröpfeln, und bei völlig umgekehrtem Glase die letzten Tropfen nach langer Zeit fallen lassen. Das Merkur hingegen, wird gleich anfänglich ohne sich merklich zu verflächen, als Strahl herabfliefsen, ohne jemals an der äusseren Glasfläche herabzugleiten, und nur gegen das Ende wird es in sehr wenigen kleinen länglichen Tropfen zur Erde fallen.

Bemerk. 1) Die in der Folge zu untersuchenden Phänomene der Adhäsion, werden den Grund angeben, warum Wasser und Weingeist am Glase (bei gewissen Neigungen des Glases) herabgleiten, Merkur (Quecksilber) hingegen stets in einem etwas gebogenen Strale frei herabfliefst.

2) Unter gewissen Umständen tröpfelt das Quecksilber wirklich ab, wenn es nämlich durch sehr feine Oeffnungen getrieben wird, z. B. durch Leder, noch besser durch Holz; wie dieses Versuche mit der Luftpumpe zeigen werden.

3) Die Tropfenbildung zeigt von einer Anziehung, die vom Mittelpuncte nach dem Umkreise wirksam ist, wir nennen sie Cohäsion; jeder Strahl oder Faden einer Flüssigkeit ist anzusehen als eine Aneinanderreihung zahlloser kleiner Tropfen, wo jene Anziehung sich gegenseitig in die Begrenzungsflächen erstreckt, und so die Bildung eines dünnen Cylinders zuläfst, von dessen Axe aus die Anziehungen nach der abgerundeten Aussenfläche bewirkt werden. Je schwerer (dichter) die Flüssigkeit ist, je weniger Widerstand wird die Luft verhältnifsmäfsig ihrem Falle entgegensetzen; um so schneller wird daher auch ein Tropfen dem anderen folgen, und so jene Aneinanderreihung beschleunigen, Zugleich wächst aber auch die Cohäsion mit

der Dichtigkeit; erstreckt mithin ihre Wirkungen in so grössere Umkreise, oder wenigstens mit so grösserer Gewalt, und beschleunigt daher ebenmäſsig jene Aneinanderreihung. Kommt hiezu nun noch, daſs die Adhäsion (in obigem Versuche als die von der Glasoberfläche aus wirkende Anziehungskraft) jene Cohäsionswirkung der Flüssigkeit nicht beschränkt, so wird die Stralbildung um so mehr erleichtert. Jeder Tropfen würde eine Kugel sein, und so von möglichst verminderter Begrenzung zeugen, wenn nicht einerseits die Adhäsion des Gefäſses die abtröpfelnde Masse nach oben, und die Schwere sie nach unten zöge, wodurch seine mehr oder weniger elliptische Gestalt hervorgeht. Denken wir uns nun, daſs die Axenwirkung des Strals, oder die tropfenbildende Kraft desselben sich in der Umgebung fortsetze, und daſs diese Umgebung aus einer zahllosen Menge aneinander gereihter Stralen bestände, so würden diese sämmtlich in einander flieſsen, und eine zusammenhängende Masse darstellen, wo in jedem denkbaren Theilchen die Axenwirkung eines Mittelpuncts, und zugleich das Angezogenwerden einer Peripherie statt findet, oder Mittelpunct und Peripherie zugleich ist. Ein Fall der bei jedem in einem Gefäſse eingeschlossenen Liquiden gegeben ist. (Vergl. a. a. O.)

4) Die Cohäsion des Tropfens erstreckt sich aber nicht blos auf liquide, sondern auch auf alle übrigen dem Zustande nach verschiedene Massen; sind hier die chemischen Anziehungen, oder in den meisten Fällen das Einleitende für chemische Anziehung: die Attractionskräfte der Adhäsion wirksam, so geht das Feste so wie das Elastischflüssige nach und nach in die Masse des Tropfbaren über, hört auf für sich oder gesondert zu existiren, und bildet mit dem Tropfbaren ein Raumerfüllendes, ohne an chemischer Qualität merklich eingebüſst zu haben. Dieser Fall ist gegeben bei dem Lösungsprocesse; vergl. §. 32. N. 2. Z. B. Zucker in Wasser, Luft in Wasser gelöst.

5) Die Cohäsion des Tropfens ist für das Liquide im

Kleinen, was die Schwere für die Weltkörper im Grofsen ist; und gleich wie hier die Gravitationskräfte des Planeten der Sonne, des Sonnensystems dem Centralkörper der Milchstrafse u. s. w. mehr oder weniger untergeordnet erscheinen; so ist auch die Cohäsion des Tropfens, und überhaupt die Bestandeskraft, die Schwere jedes Erdkörpers, (die mehr oder minder deutlich als Assimilation des Individuums hervortritt) der Erdschwere unterworfen, und von ihr abhängig. Vgl. §. 3. N. 4.

6) Wir haben zwar schon bemerkt (§. 16. N. 5.), dafs die Tropfenbildung nur bei einem gewissen (Luft-) Drucke statt findet, mithin als ein von aussen erzwungenes Verhältnifs anzusehen ist, jedoch kann deswegen die Cohäsion nicht als etwas fremdartiges im Liquiden, sondern mufs vielmehr als erweckte individuelle Schwere betrachtet werden, der, wie allen einzelnen Anziehungen, zunächst die Wärme entgegenwirkt, sich mit ihr ins Gleichgewicht der Gegenwirkung stellend; s. oben. §. 45. Bem. 2. b und k.

7) Wenn das Glas nach und nach durch Abtröpflung fast entleert ist, so wächst durch verhältnifsmässige Zunahme der Glasfläche, die Adhäsion gegen das Liquide, zugleich drückt auch die überliegende Luft in mehreren Puncten (als solches zuvor der Fall war) auf die noch im Glase enthaltene, jetzt auf der nach unten geneigten Seite des Glases ausgebreiteten Flüssigkeit, und beides vereint (vorzüglich aber die wachsende Adhäsion) bewirkt das langsamere Abtröpfeln der letzten Flüssigkeitsmengen. Auf ähnliche Weise wirkt auch die Adhäsion bei den Haarröhrchen; s. weiter unten Cap. III.

§. 72.

VII. Versuch. Man blase mittelst einer gekrümmten Röhre in ein Glas mit Wasser, und zwar so, dafs die ausgestossene Luft nicht weit von dem Boden des Glases aufzusteigen genöthigt wird; oder

man treibe mittelst einer kleinen (gläsernen) Handspritze atmosphärische Luft unter dem Wasser hervor; oder man erhitze Wasser oder Weingeist in einem enghalsigen Glasgefässe; so werden unter diesen und mehreren ähnlichen Vorkehrungen durchsichtige Blasen in die Höhe steigen, auf der Oberfläche etwas liquide Flüssigkeit eine kleine Strecke mit empor reissen, dann mit einem mehr oder minder lebhaften Geräusche zerplatzen, und dem Auge entschwinden. Hatte man diese Blasen durch Erhitzung hervorgebracht, so bewirkt das Zerreisen derselben; so wie ihr schnelles Fortbewegen durch die annoch liquide Schicht, eine eigenthümliche Erschütterung der aufliegenden Luftsäulen, die bis zu unserem Ohre fortgepflanzt das Geräusch des Siedens oder Kochens verursacht; zugleich findet man die nächste Umgebung oberhalb der Glasmündung vollkommen durchsichtig d. h. man sieht ein paar Linien abwärts gar nichts, und erst weiter davon zeigt sich nebelartiger Dunst oder Rauch, der genauer betrachtet, aus einer grofsen Menge sich mehr oder weniger berührender fast durchsichtiger Sphäroiden besteht.

Bemerk. 1) Offenbar ist die abgerundete kugelartige Gestalt der aufsteigenden Blasen, Erfolg des allseitigen Drucks der umliegenden tropfbaren Flüssigkeit. Steigen die Blasen häufig und nebeneinander auf; so reihen sie sich durch Anziehung ihrer aus liquider Flüssigkeit bestehenden Hüllen aneinander, und bilden den Schaum. Je zäher die Flüssigkeit ist, um so leichter wird sie unter obigen Bedingungen schäumend; häufen sich dabei die Bläschen über- und nebeneinander zu stark an, z.B. bei allmählig aufgetriebenen Seifenblasen, so üben die Blasen einen bestimmten Druck gegen einan-

ander aus, wodurch die Kugelform aufgehoben wird, und Zellen erzeugt werden. Das Organische, vorzüglich die Vegetabilien scheinen auf ähnliche Weise ihren ersten Ansatz zur eckig begrenzten Gestaltung zu erhalten. Vergl. §. 16. a. a. O. u. m. Grundzüge S. 42. Bem. 13. u. m. Uebers. des Systems der Chemie S. 18—27. u. S. 65—101. Eine ähnliche Blasenerzeugung (und damit das Anheben der Zellenbildung) erfolgt auch, wenn man Flüssigkeiten entweder von zäher Beschaffenheit z. B. Seifenwasser, flüssiges Eiweifs, oder von sehr geringer Dichtigkeit und grofser Flüssigkeit z. B. reinen Weingeist, guten Branntwein, stark schüttelt, die ersteren schäumen dann, die letzteren perlen, indem theils durch das Schütteln oder Schlagen die aufgelöste atmosphärische Luft entwickelt, theils Dampf gebildet, theils umfliesende Luft damit gemengt wird.

2) Wahre und reine Dämpfe sofern sie vollkommen farbenlos sind, werden von dem Auge nicht von der umgebenden (erhitzten) Luft unterschieden, und sind in allen Fällen vollkommen durchsichtig. Werden sie hingegen nach und nach abgekühlt oder stark zusammengedrückt, so unterscheidet sie das Auge von ihrer Umgebung in der oben erwähnten Gestalt kleiner Sphäroiden, die entweder zu Dunst aneinander gereiht sind, namentlich wenn die Dämpfe liquiden Ursprungs waren; oder zu Rauch, wenn sie vor dem Dampfwerden feste Massen waren, oder zu einem Gemenge von Dunst und Rauch z. B. Holzrauch. Der Dunst gerinnt durch starken Druck oder gewöhnlicher und schneller durch Abkühlung zu Tropfen, indem nach und nach der das Innere des Sphäroids ausfüllende Dampf liquide wird und so die äussere liquide Hülle des Sphäroids vermehrt, bis endlich die so verdichteten Sphäroiden zusammen sinken, und als Tropfen oder liquide Flächen zu Boden gleiten. Hieher gehört die in der Chemie unter der Benennung Destillation bekannte, zunächst Scheidung des flüchtigeren Liquiden von dem Feuerbeständigeren zum Zwecke habende Operation.

Vergl. KASTNER's Grundrifs d. Chem. I. Th. S. 70. 99. 100. u. s. f. und dessen Einleitung in die neuere Chemie. Halle 1814. 8. S. 64. u. ff. Der Rauch erstarrt durch Abkühlung zu einer mehr oder weniger festen Masse; dahin gehört die Sublimation (vergl. a. a. O. S. 100). Ob übrigens der Rauch, z. B. der bei dem Abkühlen der glühenden Metalldämpfe, auch aus Sphäroiden bestehe, ist zur Zeit noch nicht ausgemacht; jedoch scheint er eher ein Aggregat von kleinen festen, mit hebenden Atmosphären umschwebten Theilganzen zu sein. Manche zuvor feste durch Erhitzung verflüchtigte Körper, z. B. die Metalle kennen wir fast nur in diesem gemengten Zustande; andere z. B. Phosphor und Schwefel lassen sich hingegen als durchsichtige (unsichtbare) Dämpfe darstellen. Der Nebel ist ein dunstartiges Aggregat, dessen Sphäroiden (nach SAUSSURE) theils mit Dampf theils mit Luft, oder mit beiden zugleich gefüllt sind. Hieher gehören auch die Wolken. Vergl. KASTNER's Beiträge zur Phys. und Chemie, in VOIGT's Magaz. der Naturk. IX Bds. IV St.

3) Alle Dämpfe lassen sich durch starken Druch zur tropfbaren Flüssigkeit zurückbringen, wobei die Temperatur der Gefäfse sehr erhöht wird; vorzüglich erfolgt diese erzwungene Zustandsänderung, wenn den Dämpfen etwas Luft beigemischt war. Indefs reichen doch in den wenigsten Fällen die zusammenhaltenden Kräfte der Gefäfsmassen hin, den dabei zuvor eintretenden Gegendruck der Dämpfe (welcher ihrer Elasticität wegen durch Zunahme des äusseren Drucks bis zu dem Augenblicke der Tropfenbildung wächst) zu überwinden; sondern sie zerreisen vielmehr mit mehr oder weniger Gewalt. Hieher gehört das Zerspringen gefüllter und verschlossener Wasserkrüge bei zu grofser Erhitzung; die späterhin zu beschreibende Wirkung und Einrichtung des PAPINischen Topfes; die Einrichtung der Dampfmaschinen; das Schiefsen mit Wasser etc. Eine geringe Menge Quecksilber zersprengte in Dampf umgewandelt eine starke Bombe, von stark zerstören-

den Wirkungen auf die nächste Umgebung begleitet (bei Gelegenheit eines von einem Alchemisten in Geoffroy's d. ält. Gegenwart angestellten Versuchs) etc. Der Luftzustand oder die bleibend (permanent) ausdehnsame Flüssigkeit wird hingegen durch blofsen Druck nicht überwunden; wenn nicht chemische Anziehungen z. B zwischen zwei zusammengedrückten Luftarten oder zwischen einem tropfbaren, dampfförmigen oder festen Körper und dem zu drückenden Gase eintreten; wie denn überhaupt die chemische Anziehung alle Zustände und mithin auch den elastischflüssigen überwindet, wovon die Verbrennung der Körper auf Kosten eines Theils der atmosphärischen Luft, eines der gewöhnlichsten Beispiele gewährt.

4) Der Ausdruck Gas statt Ausdehnsamflüssiges, in welchem Sinne wir ihn nehmen, oder statt »Luft«, wie er zur Zeit noch von mehreren Chemikern gebraucht wird, ist nicht niederländischen Ursprungs, sondern wurde schon vor Helmont gebraucht und bezeichnete sonst die sogenannten künstlichen Luftarten, wird jetzt in obiger Bedeutung genommen; man spricht von atmosphärischem Gase, und versteht darunter die atmosphärische Luft, von Wassergas und begreift darunter den Wasserdampf etc. Ueber die relative Verschiedenheit der Potenzen, die den Luftzustand begründen, von jenen, welche den Dampf erzeugen, vergl. oben §. 16. Bem. 6. und §. 45. Bem. 2. u. §. 46.

5) Gleichwie es verschiedene Arten des Tropfbaren giebt, die theils von den verschiedenen Dichtigkeiten der einzelnen Materien, theils von Beimischungen pulveriger Substanzen herrühren (wodurch das Aufgequollene, Weiche und Teigige entsteht); so kennt man auch, abgesehen von der chemischen Qualität, mehrere Verschiedenheiten des Gasigen. Dahin gehören Dämpfe und Luftarten von verschiedener Dichtigkeit und Ausdehnungsfähigkeit; z. B. die fixe Luft (Kohlensäure) fällt in der atmosphärischen Luft vermöge ihrer grösseren Dichtigkeit zu Boden, und läfst sich daher aus einem

Gefäſse in das andere gieſsen; die Metalldämpfe scheinen ausdehnungsfähiger zu sein als die Wasserdämpfe, und überhaupt scheint die Ausdehnungsfähigkeit mit der Dichtigkeit im umgekehrten Verhältnisse zu stehen. Merkwürdig ist die gelbe Farbe des oxydirtsalzsauren Gases, welches eigentlich seinem Zustande nach den Uebergang von Luft in Dunst macht. Ueberhaupt aber giebt es in der Natur weder ein vollkommen flüssiges noch ein vollkommen starres Einzelwesen, wie es nach §. 15. Bem. 2. geben müſste, sondern jedes Flüssige nähert sich nur dem durchaus Verschiebbaren, und jedes Starre dem durchaus Unverschieblichen.

6) Schon das Zu-Boden-sinken der kohlensauren Luft zeigt, daſs die elastischen Flüssigkeiten dem Gesetze der Schwere unterworfen sind, ohnerachtet sie sich ihrer Expansibilität gemäſs aller Anziehung zuwider auszudehnen streben. Noch deutlicher bestätigt sich jene Erdanziehung gegen die Luft, durch unsere Erdatmosphäre, die gegen die Erde zu mit wachsender Dichtigkeit, den Erdsphäroid umflieſst; sich mit ihm fortwälzt, und abwärts von der Erde an den Aether (oder an die Himmelsluft) grenzt. Die Sphäroidenform der Erdatmosphäre ist daher durch Anziehung von innen begründet, während bei der gewöhnlichen Luftblase der Druck von aussen denselben Erfolg hat.

7) Genau bestimmen läſst sich nicht die Höhe der Atmosphäre oder des sogenannten Dunstkreises d. i. desjenigen Theils der von der Erdschwere merklich zusammen gezogenen Himmelsluft, innerhalb welcher die von uns beobachtungsfähigen Lufterscheinungen vorkommen; aus den später zu erläuternden Erscheinungen der Dämmerung folgt, daſs sie in einer Höhe von fast 10 geogr. Meilen noch dicht genug ist, um das Sonnenlicht zurück zu werfen; (vergl. oben S. 215.) jedoch erfolgen die meisten Veränderungen der Atmosphäre in weit geringerer Höhe.

8) In demselben Maase als die räumliche Ausdehnung zunimmt, zu der eine gegebene Gasmasse sich erweitert,

vermindert sich auch ihre Ausdehnsamkeit; indem sie nämlich mit verhältnifsmäfsig geringerer Kraft ihren Raum erfüllt, vermag sie auch nur gleich geringere körperliche Wirkung nach aussen darzustellen. Sie verliert also auch im gleichen Maase von ihrer Dichtigkeit, und ihre übrigbleibende Dichtigkeit, verhält sich zur vorigen, wie ihr voriger Raum zum jetzigen. Umgekehrt, je mehr die expansive Flüssigkeit zusammengedruckt wird, um so mehr wächst ihre Dichtigkeit und die Stärke ihres Raumerfüllens; je mehr widersteht sie also der comprimirenden Kraft; und sofern diese endlich ist, hat auch ihre Compression eine Grenze. Der Erfahrung gemäfs, verhalten sich die Räume, zu welchen einerlei Gasmassen bei gleichbleibender Temperatur durch Zusammenpressen gebracht werden können, umgehehrt wie die drückenden Kräfte oder Gewichte; was sowohl bei verdichteter als verdünnter Flüssigkeit derselben Art gilt. Man nennt dieses Gesetz das Boyle'sche oder Mariottische, vergl. R. Boyle defence against the objections of Linus. Lond. 1662. 4. Mariotte essay de logique, à Paris 1678. S. 678. Van Swinden positiones physicae T. II. §. 263; bei hohen Graden der Verdichtung oder Verdünnung scheint es Einschränkungen zu erlauben, ohnerachtet es Muschenbroek bei einer 4fachen und Winkler bei einer achtfachen Verdichtung noch zutreffend fanden. Vergl. Gehlers phys. Wörterb. Th. III. S 15. Dränge die atmosphärische Luft ins Innere der Erde, so würde sie schon bei einer Tiefe, die noch nicht den 80sten Theil des Erd-Halbmessers betrüge, die Dichtigkeit des Goldes übertreffen. Das Mariottische Gesetz ist ursprünglich für die atmosphärische Luft bestimmt, findet jedoch bei allen Lüften, und hinsichtlich der Verdünnung auch bei Dämpfen statt; vergl. Felix Fontana opuscules physiques et chymiques. à Paris 1784. 4. S. 126. u. Herbert diss. de aëre fluidisque ad aëris genus pertinentibus. Viennae 1773. 8. S. 96 etc. Volta (dessen Schreiben an den

Abt Vasalli über thierische Elektricität, herausg. von Dr. Mayer. Prag 1796. 8. S. 64) fand durch Versuche, dafs die Quantität elastischer Dämpfe in einem gegebenen Raume, er mochte luftleer oder mit einer dichteren oder dünneren Luft erfüllt sein, dieselbe sei, und Dalton glaubte aus der gleichmäfsigen Verbreitung verschiedenartiger ausdehnsamer Flüssigkeiten innerhalb ein und desselben Raumes folgern zu dürfen, dafs dergleichen verschiedenartige Ausdehnsame in ihrer Spannung (Elasticitäts-Aeusserung) nicht blofs anscheinend, sondern in der That von einander unabhängig seien, so dafs nur die Theile eines und desselben Ausdehnsamen und nicht die Theile ungleichartiger Ausdehnsamen gegeneinander Ausdehnsamkeit äussern, und mithin das eine Ausdehnsame für das Andere so gut wie gar nicht vorhanden sei; eine Vermuthung der, wie Tralles zeigte, weder die mathematische Physik noch die Erfahrung haltbaren Grund gewährt; vergl. Tralles in Gilbert's Ann. XXVII. S. 400. Uebrigens folgt aus obigem, dafs die Luft in höheren Gegenden dünner, in niederen dichter ist.

9) Dem Mariottischen Gesetze zufolge, verhält sich die Dichtigkeit und das Gewicht eines Gases (bei sonst gleichen Umständen) wie die drückenden Kräfte; und da die Dehnkraft einer solchen Flüssigkeit mit der dieselbe zusammen drückenden Kraft ebenfalls im geraden Verhältnifs steht, so mufs sie sich auch wie die Dichtigkeit und verkehrt wie die von dem Gase eingenommenen Räume verhalten. Die Schwerbestimmung der Theile einer solchen Flüssigkeit, nimmt aber mit der Entfernung von der Erde im Verhältnifs des Quadrats der Entfernung vom Mittelpuncte der Erde ab; die Dehnsamkeit bei Verbreitung der Gase im Verhältnifs des Cubus dieser Entfernung, mithin kommt hier endlich Expansion und Schwere ins Gleichgewicht, und erstere wird durch letztere beschränkt.

10) Sofern die gasigen Flüssigkeiten schwer sind, üben sie

auch durch ihr Gewicht Druck aus. Höher liegende Wasser-Dampf- oder Luftschichten müssen also auch auf die unter ihnen liegenden Schichten drücken. Einer ohngefähren Schätzung gemäfs, erleidet der ausgewachsene menschliche Körper einen Luftdruck von fast 233 Centnern; der aber von allen Seiten gleichförmig geschieht und deshalb nicht von uns bemerkt wird.

11) Bei den verschiedenen Gasen ist bei gleichen Graden der Verdichtung die Ausdehnsamkeit oder die absolute Elasticität der Erfahrung gemäfs (vgl. oben) nicht gleich; man kann daher zwei elastische Flüssigkeiten rücksichtlich ihrer Ausdehnungsstärken vergleichen, und erhält so das Verhältnifs ihrer absoluten Elasticitäten bei gleichen Graden der Verdichtung, d. i. ihre eigenthümlichen oder specifischen Elasticitäten, oder ihre Eigendehnwerthe; die sich mithin bei gleicher Dichtigkeit wie die absoluten Elasticitäten; bei gleicher absoluten Elasticität umgekehrt wie die Dichtigkeiten; und bei ungleicher absoluten Elasticiät und ungleicher Dichtigkeit wie die absoluten Elasticitäten dividirt durch die Dichtigkeiten verhalten. — Sofern ein Gas in einer Ausdehnsamkeit von gleichbleibender, bestimmbarer Gröfse beharrt, mufs es, und jeder denkbare Theil desselben, einen sich gleich bleibenden, allseitig einwirkenden Druck erleiden, der hinreicht seiner Ausdehnsamkeit überall das Gleichgewicht zu halten. Diesem Drucke wirkt es mithin mit einer eben so grofsen Gegendruckkraft entgegen. Man nennt dieses durch den Aussendruck und durch die spezifische Elasticität des Ausdehnsamen erzeugte Entgegendrucken, die Spannung oder Tension der ausdehnsamen Flüssigkeit, deren Maafs mithin jenem der Elasticität gleich ist, und auch wie diese — wie wir weiter unten sehen werden — durch Höhen der durch dieselbe getragenen Merkursäule bestimmt zu werden pflegt. Wird ein zuvor leeres Gefäfs mit Gasen von ungleicher Spannung

gefüllt, so erfolgt erst dann Gleichgewicht der Gegendrucke dieser ungleichartigen Gase, wenn ihre Spannungen gleich geworden sind, und die erlangte gemeinschaftliche Spannung ist dann gleich der Summe ihrer einzelnen Spannungen. Hätte z. B. das eine Gas eine Spannung = 6 und das andere eine = 8 Zoll Merkurhöhe, so zeigen beide in einem Gefäſse gehalten, eine Spannung von 14 Zoll Merkurhöhe. Waren die Spannungen der Gase und die Mengen derselben gleich, und haben sie nach der Vermischung eine gleiche Spannung, so ist nicht nur die Spannung, sondern auch die Dichtigkeit des Gasgemisches der Summe der Spannnngen und Dichtigkeiten, welche vor der Einfüllung in ein und dasselbe Gefäſs statt hatten gleich. Werden z. B. drei gleich groſse Mengen Wasserdampf in einen Gefäſsraum gebracht, der schon von einer Menge desselben Dampfes erfüllt ist, so ist die Dichtigkeit nach dem Hinzufügen der drei Mengen, die Vierfache der vorigen, welche die eine Menge hatte.

12) Ob alle permanent elastische Flüssigkeiten lange eingeschlossen, den gleichen Grad von Expansibilität behalten, fragt sich; ist jedoch wahrscheinlich, vorausausgesetzt wenn sonst keine Eingriffe (elektrische oder chemische Thätigkeiten) eintreten. Muschenbroek fand, daſs eine 5 Jahre hindurch in eine Röhre geschlossene und zusammengedrückte Luft, nichts von ihrer Elasticität verloren hatte.

§. 73.

Ausser denen schon früher (vergl. §. 16. Bem. 2 und die §. 70 angezogenen §§.) bemerkten Beschaffenheiten des Flüssigen; unterscheidet es sich von dem Festen im Allgemeinen, durch sehr schwachen Zusammenhalt, geringe Reibung und durch die daraus entspringende leichte Verschiebbarkeit und leichtes Zerfallen seiner selbst; jedoch lassen sich hierin

gewisse unverkennbare Abstufungen nachweisen, zu deren Bestimmung schon die alltäglichsten Beobachtungen die Hand bieten. (Vergl. §. 40. N. 1. §. 70 u. 72). Eine solche Verschiedenheit fanden wir bereits sowohl bei dem Tropfbarflüssigen als auch bei dem leicht veränderlich- und bei dem bleibend-Ausdehnsamflüssigen; womit ausser den vorhin angezogenen Stellen noch §. 41. N. 5. §. 42. N. 3 u. §. 45. zu vergleichen sind. Bei dem Tropfbaren reicht schon das bloſse Gewicht einer sehr kleinen Menge desselben hin, ein zuvor zusammen gehaltenes Ganzes in Tropfen (Gutta) von verschiedener Gröſse zerfallen zu lassen; bei dem Gasigen hingegen, wird das zuvor durch Einschlieſsung verbundene Ganze, nach Wegnahme dessen was da einschlieſst, solange in (nur der Möglichkeit nach vorhandene) Theilganze von geringerer Dichtigkeit nach allen Richtungen aus einander flieſsen, als wiederum eine äussere hemmende Kraft jenes Streben in seiner Verwirklichung beschränkt. Beide Hauptarten des flüssigen kommen darin überein, daſs sie unter sich continuirlich zusammenhängen (vergl. §. 24. N. 1. u. 3.); und daher bei ihrer (nicht unterbrochenen) Orts- oder Raumsveränderung fortflieſsen; beide können fest werden, das Tropfartige und Dampfige durch Gerinnung oder Erstarrung, das Luftige nur durch chemische Mischung. Das Tropfbare erhärtet ausserdem durch Verbindung mit einem bereits Starren, wenn neben der zu beider Verbindung nöthigen Adhäsionsziehung und chemischen Ziehung eine überwiegende Menge des Starren gegeben ist (wohin z. B. das in der Folge vorkommende Krystallwasser gehört); das Gasige wird von dem Starren auch angezogen, und

füllt dessen Zwischenräume, dasselbe in Form einer mehr oder weniger zusammengezogenen verdichteten Atmosphäre umhüllend (vergl. den vorhergehenden §.).

Bemerk. 1) Vollkommen flüssig ist kein Tropfbares, sondern es ist vielmehr mehr oder weniger klebrig oder zähe. Diese Klebrigkeit scheint theils Folge der chemischen Mischung und dadurch der Adhäsion der denkbaren Theilchen gegen sich selbst, theils derjenigen Kräfte zu sein; die zur weiteren Wirksamkeit gebracht die Starrheit hervorgehen lassen.

2) Man kann daher die Klebrigkeit als Folge der verschiedenen Cohärenz (Zusammenhaltkraft) betrachten und dieselbe z. B. dadurch ausmitteln, dafs man bei denen zu vergleichenden Trofbaren auf dem Wege des Versuchs fragt, durch welche Gewalt einzelne Tropfen derselben zum Zerreifsen gebracht werden?

3) Wenn man z. B. einen zwischen zwey Platten sich befindlichen Tropfen, der beiden Platten gleich stark anhaftete, durch Aufheben der eine Platte mittelst eines Wagebalkens zum Zerreifsen brächte, so liefse sich die Zerreifsungsgewalt durch Gewichte ausdrücken, da man aber dabei — wenn man auch mit verschiedenen Flüssigkeiten und gleichen Platten nach einander experimentirte — nothwendig mit der verschiedenen Adhäsion der verschiedenen Flüssigkeiten zu den Platten zu kämpfen hätte, so suchte ich dieser stöhrenden Schwürigkeit dadurch so viel wie möglich zu entgehen, dafs ich die zu prüfende Flüssigkeit an die Spitze zweier darin eingetauchter und darauf wieder herausgezogenen sehr dünn auslaufender Glasstäbchen in Form kleiner Tropfen brachte, die einander genähert einen Tropfen bildeten, den ich nun durch Auseinanderziehen in zu messende Fernen in einen, bei bestimmter Ferne zerreissenden, cylindrischen Tropfen auszog etc. Hiernch fand ich, dafs flüssiges Eyweifs, Gallerde, etwas Harz haltiges Gummiwasser (sog. Quellschleim)

auch und fette Oele zu den zähesten Flüssigkeiten gehören; bei mehr Muse hoffe ich diese Versuche weiter zu verfolgen und ihre Ergebnisse in einer der vaterländischen physik. Zeitschriften mitzutheilen. Dafs dabei auf Temperatur, Dichtigkeit, Luftdruck etc. Rücksicht zu nehmen ist, folgt schon aus dem Vorhergehenden, noch mehr aber aus Cap. VII u. XI.

B) Vom Drucke der Tropfbarflüssigen.

§. 74.

VIII. Vers. Ein Gefäfs (z. B. ein oben offenes Glas), welches von unten nach oben mit mehreren gleichweiten, einfach übereinader gereihten zu verschliessenden Seitenöffnungen versehen ist, fülle man mit Wasser und öffne dann zu gleicher Zeit die Seitenlöcher: das Wasser wird in der Nähe des Gefäfsbodens am stärksten, weiter hinauf schwächer, und oben mit dem geringsten Nachdrucke herausfliessen. Was vom Wasser gilt, findet bei allen tropfbaren Flüssigkeiten dieselbe Anwendung, wenn übrigens die Gefäfsmasse in allen ihren Theilen dieselbe ist; und gleich wie das Wasser in jedem in und auswendig noch so verschieden gestalteten Gefässe eine mehr oder weniger horizontale Oberfläche bildet, so auch alle übrige liquide Flüssigkeiten.

Bemerk. 1) Bei jedem eingeschlossen Tropfbaren, sind es die Seitenwände welche das Zerfliessen verhindern, und die Anhäufung desselben möglich machen. Mithin erleiden diese Seitenwände auch einen Druck, der mit der Zerfliefsungsgewalt des Tropfbaren im Verhältnisse steht. Die Gröfse dieser Gewalt selbst ist aber Folge des senkrechten Drucks, den jede obenliegende Schicht des Liquiden gegen die untere äussert, und der mithin um so stärker ausfallen mufs, je mehr sich

die Schichtenzahl anhäuft. Die dem Boden zunächst liegende Wasserschicht wird daher den stärksten Druck erleiden und durch eine im Gefäſsboden anzubringende Oeffnung mit der verhältniſsmäſsig gröſsten Geschwindigkeit herausflieſsen.

2) Wenn eine tropfbare Flüssigkeit, z. B. Wasser, durch eine kleine Oeffnung aus einem Gefäſse unten abflieſst, in welches dergestalt fortdauernd von oben her wieder Wasser zuströmt, daſs der Wasserstand während des ganzen Zu- und Abflieſsens stets dieselbe Höhe beibehält, so flieſst das Wasser mit einer Geschwindigkeit ab, welche gleich ist der Endgeschwindigkeit, die ein schwerer Körper erhalten würde, wenn er die ganze Höhe des Wasserstandes im Gefäſse frei und ungestört durchfiele; (vergl. §. 49. Bem. 7.).

3) Hieraus folgt ferner, daſs bei einem mit senkrecht auf den Boden stehenden Seitenwänden versehenen Gefäſse, der Druck den z. B. das Wasser gegen den Boden äussert, dem Gewichte der Wassermenge gleich ist; und daſs dieser Druck bei gleich hohem Wasserstande um so gröſser erscheint, je höher das Gefäſs ist. Es vertheilt sich dabei der Druck auf die ganze Grundfläche gleichförmig, und nehmen mithin Wassermenge und Grundflächenvergröſserung verhältniſsmäſsig gleichförmig zu, so bleibt der Druck für jede Stelle der Grundfläche derselbe. Erweitert man daher oberhalb ein Gefäſs, ohne es zu erhöhen, so erleidet die Grundfläche nach der Erweiterung denselben Druck, der zuvor gegen sie geäussert wurde; weil dann die erweiterten schiefen Seitenwände selbst für die über sie stehenden Schichten zur Grundfläche werden. Zwei Gefäſse die gleich hohen Wasserstand haben, erleiden daher auch auf ihren Boden gleich groſsen Druck; das eine mag enger oder weiter als das andere sein, oder nicht. Nur die Summe des Drucks auf alle Puncte der Seitenwand verhält sich (bei senkrechten Gefäſsen) wie der Umfang des Gefäſses, wächst also mit diesem Umfange, und mithin auch mit der Zunahme der Seitenflächen.

4) Aus der Verschiebbarkeit des Flüssigen folgt, dafs die Flüssigen, wenn sie auszuweichen z. B. durch einshliessende Gefäfse verhindert sind, den gegen sie gerichteten Druck, nicht nach der einen Richtung in welcher er zu ihnen gelangte, sondern nach allen Richtungen fortpflanzen, und zwar ohne dabei ihren Raumerfüllungs Umfang zu ändern, wenn sie tropfbar sind, hingegen mit Verminderung dieses Umfangs (oder mit Verengung) wenn sie ausdehnsam sind. Dort wo diese letztgenannte Eigenthümlichkeit die Wirkung nicht weiter verändert, sind auch für die Gase dieselben Gesetze des Druckes gültig, welche oben und im Nachfolgenden von den Tropfbaren nachgewiesen werden.

5) Wird daher ein Druck von einer bestimmten Gröfse, gegen einen Theil der Oberfläche eines eingeschlossenen Tropfbaren gerichtet, so wird er sich zufolge der allseitigen Fortpflanzung desselben (und des dieselbe bedingenden allseitig gleich grofsen Widerstandes) gegen die einschliefsenden Wände so oft wiederholen, oder gegen dieselben um so vielmal vervielfacht werden, als der ursprünglich gedrückte Theil der Oberfläche in der gesammten Oberfläche enthalten ist. Ein Gesetz, welches in neuerer Zeit zu den fruchtbarsten Anwendungen geführt hat, sowohl zur Erklärung mehrerer auffallender Naturerscheinungen, als auch zur Erfindung höchst wirksamer Pressen und ähnlicher Vorrichtungen; vergl. die Einrichtung von Real's, Bramah's und Schenk's hydraul. Pressen; s. Kastner's Deutsch. Gewerbsfr. II. 145—147. Auch gehören zum Theil hieher die verschiedenen Arten der Luftpressen, von Kastner's Extractions- und Seihpumpe (a. a. O. III. 19 u. ff.) bis auf Rommershausen's, Schrader's u. A. Luftpressen; a. a. O. III. 121. 208. u. ff. u. Kastner's Berlin. Jahrb. für d. Pharm. etc. Jahrg 1817 1818 u. 1819. — So wird z. B. ein kleines mit Wasser gefülltes Fäfschen zersprengt, durch wenige Unzen Wasser, wenn man eine 10 Fufs lange metallene oder

hinreichendd starke gläserne (durch den oberen Boden des aufgerichteten Fäſschens mit dem untern offenen Ende) zum Wasser desselben reichende und in den oberen Boden luftdicht eingeküttete, enge Röhre füllt, und so zerspringen Eisdecken durch das von unten drückende, mit gefüllten Wasserleitungsröhren in Verbindung stehende Wasser; so werden Gletschermassen und ganze Felsstücke von jenem Wasser weggedrückt und abgerissen, welches mit den hohen, engen Wassersäulen, des zwischen senkrechten Fels - und Eisrissen gesammelten tropfbaren Wassers in Verbindung steht u. s. w. — Umgekehrt sichert aber auch die allseitige Fortpflanzung des Drucks innerhalb der Tropfbaren, darin befindliche, sonst leicht zerdrückbare Substanzen, gegen Verletzung; z. B. ist dies der Fall bei den Embryonen im Mutterleibe, welche in dem, von dem blasenförmigen Schaafhäutchen (Amnios, woraus die Goldschlägerhäute bereitet werden) umhüllten Schaafwasser (oder sog. Kindeswasser) liegen, ferner bei einer Wachsfigur, oder einem Ey, welches in eine ganz mit Wasser gefüllte, zugebundene, senkrecht gehaltene Rindsblase gelegt und dann mit beträchtlichen Gewichten beschwert worden ist; u. s. w.

§. 75.

Wird die Grundfläche eines Gefässes vergrössert, so folgt von selbst, daſs es auch bei gleicher Höhe mehr Flüssigkeit fassen wird, als vor der Vergrösserung; der Druck gegen den Boden wird aber dadurch nicht nur um soviel erhöht, als das Gewicht der zugekommenen Flüssigkeit beträgt, sondern übertrifft nun selbst die ganze Last des in dem Gefässe enthaltenen Flüssigen, indem auch bei unregelmässig gebildeten Gefässen (z. B. bei Bouteillen) der Druck des enthaltenen Wassers gegen jeden Theil des Bodens dem Drucke des Gewichts einer lothrechten

Wassersäule gleichkommt, welche den Boden zur Grundfläche und den senkrechten Abstand bis zum Spiegel der Flüssigkeit zur Höhe hat.

Bemerk. 1) Was vom Boden des Gefässes gilt, gilt auch hier wiederum von der untersten Flüssigkeitsschicht; und es läfst sich auf ähnliche Weise auch der Seitendruck für jede einzelne Schicht bestimmen, da laut dem vorhergehenden §., dieser Druck von oben nach unten in arithmetischer Progression zunimmt. Setzen wir die Höhe der Seite eines senkrechten prismatischen Gefässes = A, ihre Breite = B, so ist das Prisma, dessen Gewicht dem Drucke auf dieser Seite gleich ist, $= \frac{1}{2} a^2 b$. In einem cubischen (mit einem gleichartig Tropfbaren gefüllten Gefässe ist B = A, mithin der Druck auf der einen Seite $= \frac{1}{2} a^3$, und gegen alle vier Seiten $= 2\, a^3$; d. h. gegen eine ganze Seitenfläche halb soviel als gegen den Boden, und gegen alle vier Seitenflächen noch einmal soviel als gegen den Boden; d. i. noch einmal so grofs als das Gewicht des darin enthaltenen Gleichartigliquiden. Vergl. m. Grundzüge §. 79. Ueber wissensch. Benutz. d. Soolen-Löffel; S. 211. das.

2) Auf jene Vergrösserung des Seitendrucks gegen den Boden zu, gründen sich ausser den §. 74. im VIII. Versuch gezeigten Phänomenen noch folgende: verbindet man eine offene Glasröhre mit einer von gefärbtem Wasser angefüllten Blase, und taucht die Blase in ein mit farblosem Wasser gefülltes Glas, so wird das gefärbte Wasser der Blase in die Glasröhre um so mehr in die Höhe gedrückt werden, je tiefer man die Blase senkt; drückt man eine geschliffene Glas- oder Messingplatte an das untere abgeschliffene Ende einer nur Luft enthaltenden, an beiden Enden offenen Röhre, und taucht sie in dieser Lage senkrecht ins Wasser, so fällt sie nicht ab; eine leere, dünne, mit platten Seitenflächen versehene, verstopfte gläserne Flasche zerbricht, wenn sie tief unter Wasser (noch eher wenn sie unter Quecksilber) getaucht wird.

§. 76.

IX. Versuch. Eine gebogene mit einem kurzen und einem langen Schenkel versehene, an beiden Enden offene Glasröhre, werde mit ihren Mündungen aufwärts gekehrt in ein passendes Stativ festgestellt. Man giesse hierauf in beide Mündungen eine gleichartige Flüssigkeit z.B. (gefärbtes) Wasser oder Quecksilber; sie wird aus beiden Schenkeln in den horizontal liegenden Theil der Röhre laufen, und sich hier ins Gleichgewicht setzen. Fährt man jetzt mit dem Giessen in den kürzeren Schenkel fort, so wird sich das Wasser in den längeren hinauf bewegen; und nur dann erst in Ruhe und Gleichgewicht kommen, wenn die Oberflächen beider Wassermengen wirklich eine gleiche horizontale Ebene bilden, und die senkrechte Höhe des Wasserstandes in beiden Schenkeln gleich ist. Der Fall wird derselbe sein, wenn der eine oder beide Schenkel schief stehen, der eine weiter und verschieden gestaltet ist u. s. w. Der Druck den beide Wassersänlan gegenseitig ausüben, wird stets ihren Höhen entsprechen, und in obigen Fällen sich gegenseitig als Wirkung gleich groſser entgegengesetzter Kräfte aufheben. Gieſst man daher mehr Wasser in den längeren Schenkel, als zum Gleichgewichte bei der Höhe des kürzeren Schenkels nöthig war, so wird das Wasser aus diesem Schenkel solange herausfliessen, als es in den längeren Schenkel nachgossen wurde, und swar um so stärker, je kürzer der kleinere Schenkel im Vergleich mit dem anderen ist; denn die Kraft mit der das Wasser herausflieſst, ist dem Drucke einer Wassersäule gleich, welche die Höhe des Wasserstandes über der Oeffnung in dem anderen Schenkel

hat, und deren Grundfläche der Oeffnung wo es herausfließt an Tiefe gleich kommt. Verengt man hiebei die Oeffnung des kürzeren Schenkels, so springt das Wasser daraus mit Gewalt in die Höhe, und wenn das heraussteigende Wasser sich nicht in Tropfen zertheilte: aus Mangel an äusserem Zusammenhalt, durch die Adhäsion des Wassers zur Mündung der Röhre, wegen der Gegendrucke der zuerst in die Höhe gestiegenen Theile und wegen des Luftwiderstandes — so würde es bis zu jener Höhe steigen, von welcher es zuvor im längeren Schenkel herabgefallen war.

Bemerk. 1) Verschließt man die Mündung des kürzeren Schenkels mit einem Deckel, so erleidet derselbe von unten her von dem darunter befindlichen Wasser einen Druck, der dem Drucke einer Wassersäule, welche den Deckel zur Grundfläche und die Wasserhöhe im längeren Schenkel über der in dem kürzeren zur Höhe hat, gleich ist. Hieher gehört Wolffs anatomischer Heber (dessen nützliche Versuche, Th. I. Cap. 2. §. 58.) und Gravesande's hydrostatischer Blasebalg (Elem. phys. mathemat. L. II. c. 2. Exp. 5. §. 729), desgleichen Real's, Bramar's und Schenk's Pressen; s. oben §. 75. Bem. 2. Bei Wolff's anatom. Heber wird die aufgespannte Haut sammt dem Deckel mit einer Gewalt aufwärts gedrückt, welche im Verhältniß des Querschnitts des weiteren Schenkels, der Höhe des Wassers in dem längeren Schenkel über dem Wasserspiegel des kürzeren und in dem des specif. Gewichts des Wassers steht.

2) Zu den bekanntesten Abänderungen des obigen Versuchs gehört die Einrichtung der laufenden Brunnen und der (hydrostatischen) Springbrunnen, deren größter in Deutschland die Fontaine auf Wilhelmshöhe bei Cassel ist. Scheinbar armsdicke Strahlen bringt man zu Wege, indem man viele Strahlen möglichst nahe nebeneinander aufsteigen läßt.

3) Ist der eine Schenkel zu eng, so dafs er sich den (noch zu berücksichtigenden) Haarröhrchen nähert, so wird das Wasser darin (vermöge verhältnifsmässig zu sehr erhöheter Adhäsion) höher steigen, wie es obigem zufolge sollte.

4) Die Meere stellen mit ihren Oberflächen Theile der Oberfläche eines abgeplatteten Ellipsoids dar; vergl. §. 68. Bem. 2. a.

5) Bewegt sich das fallende Wasser in einen von vorn und von den Seiten her verschlossenen Behälter hinein, so übt es einen seiner Masse und Fallgeschwindigkeit entsprechenden Stofs aus. Hieher gehört MONTGOLFIER's hydraulischer Stofsheber, wo das aus der unweit des Endes einer langen Röhre befindlichen Oeffnung fliefsende Wasser, beim plötzlichen Verschliessen derselben, gegen eine Klappe stöfst, und darüber stehendes ruhiges Wasser zu Höhen hinauftreibt, welche weit beträchtlicher sind, als jene sein würden, die es lediglich zufolge der es in Bewegung setzenden Druck- oder Fallhöhe erreichen könnte. Vergl. m. Grundzüge S. 214. Bei oberschlägigen Wasserrädern wirkt das Wasser fast nur durch sein Gewicht, hingegen bei den Schiffsmühlen aussers einer Masse auch durch seine Bewegung. Auch beim unterschlägigen Wasserrade und bei BRAMAH's Presse wirkt das Wasser durch Druck und Stofs.

6) Die Geschwindigkeit des ströhmenden Wassers mifst man entweder mittelst eines Pendels an dem Strohmquadranten, oder (nach PILOT) in senkrechten Röhren, wo die Geschwindigkeit nach dem Anheben von Wasser durch das ströhmende Wasser geschätzt wird, oder auf dem Meere durch das Log.

7) Wie fallendes Wasser durch drehende Bewegung zum Ansteigen gebracht wird, zeigen ARCHIMED's Wasserschnecke und WÜRZER's Spiralpumpe.

8) Während die Hydrostatik die Entwickelung und Anwendung der Gesetze des Gleichgewichts tropfbarer Flüssigkeiten unter sich und mit festen Materien

zum Gegenstande hat, betrachtet die Hydrodynamik die Gesetze der Bewegung der Flüssigkeiten, und die davon abhängigen Erscheinungen, und handelt die Hydraulik von jenen Vorrichtungen, in welchen Wasser als bewegende Kraft oder als zuwältigende Last in Rechnung genommen wird. Die Hauptaufgabe der Hydraulik ist daher zuvörderst die Bestimmung der Fliessungsgeschwindigkeit des Wassers, sofern dieselbe nur durch dessen Druck (also in Folge der Schwere) erzeugt wird; ist diese Aufgabe gelöst, so sind jene Einflüfse näher zu bestimmen, welche die Geschwindigkeit zu vermindern oder zu erhöhen vermögen. Denken wir uns ähnlich der (§. 74. Bem. 2.) gedachten Vorrichtung zwey vollkommen gleiche und nur hinsichtlich ihrer Höhen verschiedene, mit gleicher Flüssigkeit gefüllte, und in ihren Böden mit gleichgrofsen aber engen Oeffnungen versehene Gefässe, von denen das eine z. B. halb so hoch ist als das andere, und nehmen wir ferner an, dafs in beiden Gefässen von obenher genau soviel Flüssigkeit nachfliefse, als unten aus der Bodenöffnung abfliefst, so wird dieses Abfliessen aus jedem der Gefässe mit gleichförmiger Geschwindigkeit erfolgen, und es werden sich mithin die in gleichen Zeiten abfliefsenden Massen verhalten, »wie die Geschwindigkeiten«, also auch die in einer beliebigen Zeit erzeugten »Bewegungsgröfsen«, wie die Qradrate der Geschwindigkeiten. Wie sich aber die Bewegungsgröfsen verhalten, so auch die bewegenden Kräfte, d. s. in obiger Vorrichtung die Gewichte der in beiden Gefäfsen über den Bodenöffnungen stehenden senkrechten, von einander nur hinsichtlich ihrer »Höhen« verschiedenen Flüssigkeitssäulen, mithin werden sich die Geschwindigkeiten beider Flüssigkeiten verhalten, wie die Quadratwurzeln der Druckhöhen. Wenn aber auch die Flüssigkeiten hinsichtlich ihrer Eigengewichte von einander abwichen, so würden dennoch beider Geschwindigkeiten einander gleich sein, wenn es ihre Druckhöhen waren, denn um so-

vielmal die gewichtigere Flüssigkeit mehr druckt als die mindergewichtige, um eben sovielmal schwerer ist auch die Masse, die sie hinwegzudrüchen hat. Hingegen erzeugen Flüssigkeiten von verschiedenen Eigengewichten, »bei glsichem Drucke» Geschwindigkeiten, die sich umgekehrt wie die Quadratwurzeln der Dichtigkeiten verhalten. Eine Merkursäule von 1 Zoll Höhe und eine Wassersäule von fast 14 Zoll Höhe werden gleichen Druck erzeugen, während die zu diesen Druckhöhen gehörigen Geschwindigkeiten sich verhalten, wie die Wurzeln der Höhen; vergl. Fischer's mech. Naturl. I. 2 Abth. Cap. XXVI. Daſs auch die Geschwindigkeiten, mit denen jeglicher Punct der Flüssigkeits-Oberfläche sinkt, sich verhalten wie die Quadratwurzeln der Höhen, erleutert Fischer (a. a. O.) durch folgenden Vorschlag zu hieher gehörigen Versuchen. Man lasse ein viereckiges prismatisches Gefäſs aus vier Streifen Spiegelglas, deren jeder 25 Zoll lang und 2 bis 3 Zoll breit ist, zusammensetzen. Unten sey das Gefäſs mit einem Boden von dünnem Blech geschlossen, in dessen Mitte sich eine kleine Oeffnung von etwa 0,1 Zoll Durchmesser befindet. An einer der Seitenflächen bemerke man (von der innern Seite des Bodens aufwärts gerechnet) die Höhen von 25, 16, 9, 4 und 1 Zoll. Füllt man nun dieses Gefäſs mit Wasser, und läſst dieses durch die Oeffnung im Boden auslaufen, so müssen, wenn die sinkende Oberfläche die bezeichneten Punkte erreicht, die Geschwindigkeiten sich verhalten, wie die Wurzeln aus obigen Zahlen, also wie 5, 4, 3, 2, 1. Die Geschwindigkeiten nehmen also in den bezeichneten Punkten (und mithin auch bei der ganzen Bewegung) gleichförmig ab. Die Bewegung desjenigen Wassers, welches aus einem Gefäſse abfliesst, dem das abfliessende Wasser während des Ausfliessens nicht wieder durch neu einfliessendes ersetzt wird, ist also eine gleichförmig abnehmende, oder bei wachsenden Höhen des zum Abfliessen gelangenden, zuvor im Gefässe sich sam-

melnden Wassers, eine gleichförmig zunehmende, und mufs mithin in beiden Fällen nach den Gesetzen der gleichförmig beschleunigten Bewegung (d. i. einer Bewegung, bei welcher die Geschwindigkeiten zunehmen, wie die Zeiten; §. 34. Bem. 9. u. ff.) beurtheilt werden. Zu gleich grofsen Zeitverlängerungen werden mithin gleichgrofse Aenderungen der Geschwindigkeit und umgekehrt, zu gleich starken Veränderungen der Geschwindigkeit gleich viel Zeitzusatz oder gleich viel Zeitverkürzung gehören, und beobachtet man daher von dem Augenblicke an, wo das Loch im Boden des zuvor beschriebenen Gefässes geöffnet wird, eine Secundenuhr (oder ein Secunden-Pendel) so müssen gleich viel Secunden verstreichen, während die Oberfläche von 25 bis 16, oder während sie von 16 bis 9, oder von 9 bis 4, oder von 4 bis 1 sinkt. Und auch das Sinken von 1 bis 0 würde in gleicher Secundenzahl erfolgen, wenn das Wasser von dem nothwendig wagerechten Boden vollständig abzufliessen vermögte, da dieses aber nicht möglich ist, so fliefst zuletzt verhältnifsmäfsig weniger Wasser und darum in kürzerer Zeit ab, als es sollte. Fischer a. a. O. Um mit dem Gefäfse die absolute Geschwindigkeit des bei einer beliebigen Druckhöhe ausfliessenden Wassers zu finden (§. 74. Bem. x. x.) füllt man es bis zu jener Höhe, für welche man die Geschwindigkeit sucht, bestimmt den räumlichen Inhalt des Gefäfses bis zu dieser Höhe (ihn mit a bezeichnend) desgleichen die (mit f zu bezeichnende) Grösse der Ausflufsöffnung, läfst darauf das Wasser auslauffen, und merkt die dazu erforderliche (t zu benennende) Zeit an (mit Berücksichtigung jener, hinsichtlich zuletzt verbleibenden Wassermengen eintretender, zuvor erwähnter Zeitverkürzung) so ist die gesuchte anfängliche Geschwindigkeit $x = \frac{2a}{ft}$; vergl. a. a. O. Bei wirklicher Anstellung des Versuchs findet sich aber die absolute Ausflufsgeschwindigkeit beträchtlich kleiner, als sie dem

Obigen zufolge sein sollte; der Grund hievon liegt gröſstentheils in der von der Beschaffenheit der Ausfluſsöffnung abkängigen Grösse der Adhäsion der Oberfläche dieser Oeffnung (§. 71. Bem. 7. u. §. 40), theils aber auch in denen durch das Heraus- oder Abfliessen erzeugten inneren Bewegungen des Flüssigen, theils in dem Widerstande der Luft (§. 38.); a.a.O.

9) Die inneren Bewegungen des ausströhmenden Flüssigen laſsen sich bei gläsernen Gefässen einigermaaſsen anschaulich machen, durch aufgestreute leichte Körperchen z.B. durch aufgestäubtes Bernsteinpulver. Besonderen Einfluſs üben sie auf die Gestalt, und in Verbindung mit den Adhäsionswirkungen auch auf die Geschwindigkeit des Ausströhmungsstrals. Ist die (kleine) Ausfluſsöffnung kreisrund, und möglichst dünn- und scharfrandig, so wird das Wasser durch dieselbe mit einer Geschwindigkeit herausgetrieben, welche bei gleichen Druckhöhen stets dieselbe ist, gleichgültig ob sich die Oeffnung im Boden, oder in den Seitenwänden oder in einer Scheibe befindet, gegen welche das Wasser von unten herauf andrängt. Das Wasser flieſst oder steigt in jedem dieser Fälle in Form eines Strals heraus, der aber nie cylindrisch (§. 71. Bem. 3.) sondern stets mehr oder weniger kegelförmig verengt ist, und jenseits dieser Verengung in gleicher Form erweitert fortgeht, bis er in einzelne Strahlen und Tropfen zerstiebt. Diese merkwürdige Stralverengung (von Newton: vena contracta genannt) tritt bei nicht sehr groſsen Druckhöhen soweit von den Ausfluſsmündungen ein, als die Länge des Durchmessers der Oeffnung beträgt, fällt hingegen bei beträchtlichen Druckhöhen etwas weiter abwärts, und ihr senkrechter Querschnitt beträgt im ersteren Falle nur 0,64 der Grösse der Oeffnung, ist hingegen im letzteren Falle noch um etwas kleiner; sie verdankt ihre Entstehung offenbar dem Umstande, daſs das Wasser von allen Seiten gegen die Oeffnung gleich stark andrängt. Die Einwirkungen der Nebenkräfte

auf die Bewegung des Wassers sind hier verschwunden und das Wasser hat nun wirklich die Geschwindigkeit erlangt, die es erhalten mufs, wenn es nur von den Wirkungen der Schwere getroffen wird, und es ist die Geschwindigkeit des Wassers in dieser gröfsten Stralverengung (oder sog. gröfsten Zusamsammenziehung) gleich der Endgeschwindigkeit, die das Wasser haben würde, wenn es frei vom Spiegel des Wassers im Gefässe bis zum Mittelpuncte der gröfsten Verengung senkrecht herabfiele, oder eine Höhe ungehindert lothrecht durchfiele, welche dem senkrechten Abstande jenes Mittelpunkts vom Wasserspiegel gleich kommt. Jede Aenderung in der Einrichtung der Oeffnung ändert die Geschwindigkeit (die innerhalb der Oeffnung um so kleiner ausfällt, je mehr die Oeffnung gröfser als jener Querschnitt ist), indem die Adhäsion die Bewegung entweder verlangsamt, oder beschleunigt. Ersteres ist der Fall bei sehr stumpf und dickrandigen, so wie auch bei sehr kleinen Oeffnungen, letzteres bei Anwendung von cylindrischen und noch weit mehr bei Benutzung konisch divergirender Röhren, d. s. bei solchen, welche die Gestalt des verengten Strals nachbilden, indem sie zunächst allmählig verengt, und dann eben so allmählig erweitert auslauffen. Schon eine cylindrische Röhre vom Durchmesser der Ausflufsmündung, und dreimal so lang als weit, beschleunigt den Ausflufs im Verhältnifs von 62 : 81; eine noch weit beträchtlichere Beschleunigung zeigten in Venturi's und Busse's Versuchen (Gilbert's Ann. II. 418. ff. u. IV. 116 ff.) die konisch-divergirenden Röhren; vergl. auch Eytelwein's Hdb. d. Mech. u. Hydr. S. 107—126.

10) Jedoch gilt dieses nicht im gleichem Maafse bei einem durch die Oeffnung einer Platte aufwärts getriebenem Wasserstrale (oben Bem. 2.) der als solcher den verhältnifsmäfsig gröfsesten Widerstand der Luft und die Last des Gewichts seiner eigenen (mit abnehmender Geschwindigkeit aufsteigenden) Theile zu über-

wältigen hat. Letztere ist geringer bei dem etwas schief geneigten Stral, als bei dem ganz senkrecht gehenden, und der wenig schief ansteigende Stral erreicht eine gröſsere Höhe, und gröſsere Gleichförmigkeit und Durchsichtigkeit, wenn er unmittelbar zur kreisrunden (am vortheilhaftesten $\frac{5}{4}$ Zoll weiten) Oeffnung der horizontalen Dekplatte der weiten Wasserleitungsröhre heraustritt, als wenn er zuvor durch eine engere (mehr Adhäsion darbietende) lange cylindrische oder conisch verengte Röhre herausgeleitet wird. (Höchstens pflegt der Stral $\frac{7}{8}$ der Druckhöhe zu erreichen.)

11) Die Bette der Flüſse, Ströhme, Bäche und Quellen stellen schiefe Flächen dar, und ihr Wasser müſste hiernach (wie auf der schiefen Ebene) mit einer Geschwindigkeit flieſsen, die um so mehr zunehme, je weiter es sich vom Entspringungsorte entfernte; allein dieses Wachsen der Flieſsungsgeschwindigkeit wird häufig durch vielfache Hindernisse so sehr beschränkt, daſs z. B. Flüsse, bei nicht sehr hohem Wasserstande nur jene Geschwindigkeit haben, die ihnen zufolge der Neigung ihres Bettes innerhalb einer mässigen ungehinderten Flieſsweite (Abstandsferne) zukommen würde. Wenn das Bette einer schiefen Ebene möglichst nahe kommt, Breite und Tiefe gleichförmig sind, die Ufer geradlinig laufen, Felsen u. s. w. das Flieſsen nicht hemmen, und die Druckhöhe durch hohen Wasserstand möglichst vergröſsert ist, flieſst das Wasser möglichst schnell, und übrigens um so schneller, je mehr Fall es hat, d. h. je weniger das Bette gegen den Horizont geneigt ist; §. 56.

12) Wie sehr die Adhäsion der Uferwände das Flieſsen des Wassers verlangsamt; beweisen die geradlinigen Schiffgräben (Kanäle) deren Seitenwände und Boden eben und die überall gleich breit sind. Denn das Wasser flieſst in der Mitte derselben schneller, als an beiden Seiten. Wird der Kanal verengt, so wächst die Geschwindigkeit fast im Verhältniſs der zunehmenden Kleinheit des Querschnittt, und sie würde noch mehr

zunehmen, wenn sich nicht in ihren Bewegungen entgegenwirkende, kleine Wasserströhmungen bildeten; wird hingegen sein Bett erweitert, so entstehen die Bewegung mindernde Wirbel. Uebrigens mindert jede Uferwendung die Kraft des Wasserdrucks, dadurch, dafs der Wasserstofs in schiefer Richtung wirkt; dieser für die Fliefsungs-Geschwindigkeit verlohren gehende Antheil des Wasserstofses ist es, welcher die Ufer allmählig aushöhlt, ihren Erdgehalt fortspühlt und dort absetzt (sei es als neuer Uferanwachs, oder als Sandbank, Insel u. s. w.) wo das Wasser auch sonst durch gröfsere Weitung des Bettes oder durch Felsmassen u. s. w. zum langsameren Fliefsen gebracht wird. Der Rheinspiegel ist 2 Stunden oberhalb Bonn, bei Königswinter, 170 Fufs über Meeresfläche, bei Düsseldorf 100 Fufs.

13) Wird das Wasser durch den senkrechten Druck zu einer Seitenöffnung des Gefäfses herausgetrieben, so beschreibt der Stral eine halbe Parabel (§. 52.), und man findet die Wurfweite des Strals, wenn man um die das Wasser entlafsende Seitenwand, von der Höhe des Wasserstandes bis zu seiner Bodentiefe im Gefäfse, ausserhalb desselben einen Halbkreis beschreibt, aus der Seitenöffnung, in Richtung ihrer Axe eine horizontale Linie bis zum gegenüberbefindlichen Kreisbogen zieht, und die Länge dieser Linie doppelt nimmt.

14) Sofern das Bette eines Flusses oder Strohms nie aus wasserdichten Materien besteht, sperrt es auch das zu den Seiten des Flufsbettes befindliche (meistentheils dem Flufse selbst entstammende) Erdwasser nicht ab, sondern bleibt mit demselben auf ähnliche Weise im Gegendruck Verhältnifs und daraus entspringendem Gleichgewichte, als dieses bei dem Wasser in zusammenhangenden Röhren der Fall ist (§. 76.), und steht daher auch höher oder tiefer, jenachdem das Erdwasser fällt oder steigt. Die Brunnenmeister nennen dieses communicirende Erdwasser, das Grundwasser; die Entstehung und die Unterhaltung des Quell- und Flufs-

wassers steht mit demselben in fortdauernder Wirkungsbeziehung; Fischer a. a. O. Cap. XXII. §. 4.

15) Das Gefäſs, dem das Wasser entsteigt oder entströhmt, erleidet selbst in einer der Entströhmung entgegengesetzten Richtung einen Rückdruck, der es, Falls es hinreichend beweglich ist, nach entgegengesetzter Richtung zu bewegen vermag; hieher gehören Segner's hydraulische Maschine (welche durch den nur nach einer Seite hin wirkenden Wasserdruck in die Runde getrieben wird) und Barker's Wassermühle, ohne Rad und Trilling.

16) Das stoſsende Wasser (oben Bem. 4.) wirkt nur mit jenen Theilen, durch welche es jedesmal unmittelbar den zu stoſsenden Körper berührt; Vince's Versuchen zufolge (Gilbert's Ann. IV. 34.) ist die Wirkung des senkrechten Stosses eines einzelnen Wasserstrals bedeutend gröſser, als sie in Folge der Masse und Geschwindigkeit des Strals sein sollte; sie wächst nemlich gegen eine Ebene mehr als das Verhältniſs der Grösse des Querschnitts des stoſsenden Strals und das Quadrat der Geschwindigkeit des Wassers an Wirkungsstärke gewähren würden. Geht der Stroſs schief, so nimmt die Wirkung ab im Verhältniſs des Quadrats des Sinus des Winkels, den der stossende Stral mit der Ebene, gegen die er geneigt ist, macht. Hieher gehört die Schifflenkung mittelst des Steuerruders, die gehörige Stellung der Schleusenthüren u. s. w.; so wie auch die Wirkung der Segel; m. Grundzüge S. 213.

17) Ueber Bewegungen des in Röhren eingeschlossenen oder in Gefäſsen bewegten Wassers; vergl. Gilbert's Ann. XXXIII. 355. ff. Ueber hohe Hafen-Canal- und Strohmmündungs-Fluthen, ebendas. 407. — Ueber den Stoſsheber (oben Bem. 4.) vergl. Parrot's Physik I. 393. Eytelwein's Bemerkungen über d. Wirk. u. vortheilh. Anw. d. Stoſshebers. Berlin 1815. 8. und Wrede's Grundriſs einer Theorie des Stoſshebers nach Maaſsgabe der höheren Mechanik. Berlin 1815 4. m. 1. Kupf. Ueber Wellenbildung s. weiter unten.

§. 77.

X. Versuch. Eine wie im vorigen Versuche angewendete Glasröhre, fülle man im kürzeren Schenkel mit Quecksilber (oder gefärbtem Salzwasser), im längeren mit Wasser (oder Branntwein und Oel); da die Dichtigkeiten beider Flüssigkeiten ungleich sind, so werden sie nur dann ins Gleichgewicht kommen, wenn die Gewichte beider Flüssigkeitssäulen gleich sind. Das Wasser als die leichtere Flüssigkeit, wird daher um soviel mal höher stehen als das (fast 14mal dichtere) Quecksilber das Wasser an Dichtigkeit übertrifft; oder das Gleichgewicht des Gegendrucks zwischen beiden wird eintreten, wenn ihre Höhen sich umgekehrt wie ihre specifischen Gewichte verhalten.

Bemerk. 1) Man muſs zu diesem Versuche entweder nicht mischbare Flüssigkeiten von verschiedener Dichtigkeit wählen, oder bei den mischbaren die leichtere langsam und vorsichtig mittelst einer kleinen Flieſspapierbrücke auf die schwerere tragen. Es gründet sich hierauf Scannegatty's Areometer, vergl. Beschreib. eines verbesserten Areometers oder einer Waage, mit welcher sich die specifische Schwere mehrerer Flüssigkeiten auf einmal bestimmen läſst, von S. in Lichtenberg's Magaz. f. d. Neueste a. d. Physik. u. s. w. I. Bd. II. St. S. 45. u. f. Dem Gebrauche dieses Instruments steht die keine Genauigkeit zulassende Verschiedenheit der Adhäsion, der verschiedenen Flüssigkeiten gegen das ausgeschmirgelte Glas der Röhre entgegen.

2) Daſs eine schwere Flüssigkeit in der leichteren zu Boden sinkt, und daſs mehrere zusammengegossene Flüssigkeiten von verschiedener Dichtigkeit, sich nach Maasgabe der Abnahme ihrer specifischen Gewichte, in wagrechten Schichten übereinander lagern werden (z. B. die sogenannte Elementarwelt aus Quecksil-

ber, in Wasser aufgelöstem Gewächskali, Weingeist und Steinöl) folgt schon aus dem Obigen, und wird durch alltägliche Erfahrungen bestätigt: aber gesetzt. wir wären im Stande: eine schwerere tropfbare Flüssigkeit (in einem schicklichen Gefässe) so über eine leichtere liquide Flüssigkeit zu schichten, dafs diese letztere während der Uebereinanderschichtung nach keiner Seite zu entweichen vermögte, so wird kein Grund vorhanden sein, dem zufolge die leichtere in die Höhe steigen sollte. Stellt man den Versuch wirklich an, so findet man, dafs die Oberflächen nie horizontal bleiben; sondern dafs vermöge des stärkeren Drucks der Säulen der schweren Flüssigkeit, die leichtere in verschiedenen Puncten ausweicht, von den Seiten der schwereren Säulen in die Höhe gedrückt, und so nach und nach über die schwerere gehoben wird, wo dann Ruhe und Gleichgewicht eintritt. (Scheinbare Ausnahmen machen enge Wasser haltende Röhren, in die man dichtere Flüssigkeiten bringt, die bei gehöriger Ruhe uud Behutsamkeit schweben bleiben, indem die Adhäsion der inneren Glaswände gegen das Wasser und gegen die übergeschichtete Flüssigkeit verschieden wirkt). Hieher gehört die scheinbare Verwandelung des Wassers in Wein oder der Passevin, die ausserdem noch lehrt, dafs die chemische Ziehung durch «mechanische Gewalt» übereilt werden kann; vergleiche meine Grundzüge S. 215. und dies. Grundr. weiter unten Cap. VII.

3) Jeder nicht zerflossene Tropfen erscheint, wenn er auch durch sein eigenes Gewicht mehr oder weniger flach gedrückt wird, dennoch stets an den Seiten abgerundet; offenbar, weil seine Oberfläche von Innen und von der unter ihr zunächst denkbaren Flüssigkeitsschicht stärker angezogen wird, als von den Umgebungen des Tropfens. Aus demselben Grunde zeigt die Oberfläche eines Tropfens, und überhaupt einer in Gefäfsen gehaltenen tropfbaren Flüssigkeit, stets grösseren Zusammenhalt, als jede seiner unteren

Schichten. Vorzüglich ist es dieser grössere Zusammenhalt der Oberfläche durch den Körperchen, die an sich schwerer sind als Wasser, dennoch vom Wasser getragen werden, wenn ihr absolutes Gewicht verhältnifsmässig geringe ist. Hieher gehört das Schwimmen von kleinen Stückchen Blattsilbers, Blattgolds, jenes dünner stählerner Nadeln u. s. w. auf Wasser. Indefs ist auch diese Oberfläche, wiewohl ihre Theile stärker nach unten gezogen sind, als jene der übrigen Schichten, dadurch keinesweges unverschiebbar, sondern noch vollkommen flüssig, und sollten ihre Theilchen dahin gebracht werden, dafs sie beim Verschieben einander gröfseren Widerstand leisten, als die Schiebgewalt jedes einzelnen Theilchen beträgt, d. h. sollten sie sich verhalten wie die Theilchen einer starren Fläche (eines Blatts) so müfsten in der die Oberfläche bildenden Schicht selbst, ungleiche Ziehungen wirken; vergl. §. 16. Bem. 1—7. — Da der grössere Zusammenhalt der Oberfläche Folge der von untenher wirkenden Ziehung ist, so können an sich schwerere Körper, z. B. eine sehr dünne nnd flache Zinknadel, Stahlnadel u. s. w. dazu benutzt werden, den Unterschied dieser Zusammenziehung (und damit den der Ziehgewalt einzelner Tropfbarer überhaupt) bei verschiedengearteten Tropfbaren zu bestimmen, wobei jedoch Gleichheit aller übrigen Einflüsse hergestellt werden mufs.

C) Vom Verhalten ruhender tropfbarer Flüssigkeiten zu festen Körpern.

§. 78.

XI. Versuch. An das Ende eines Armes einer guten Waage, befestige man einen mässig grossen etwa 6 Loth schweren (Quarz- oder Kiesel-) Stein mittelst eines langen Fadens, bringe ihn auf der Schaale des anderen Arms durch aufgelegte Gegengewichte (wozu 6—7 Loth hinreichen werden) ins

Gleichgewicht, und hebe ihn dann so über die Wasserfläche eines hohen mit reinem Wasser bis ohngefähr drei Viertheile gefüllten Glases, daſs er, in das Wasser hinabgelassen, noch bis zum Boden des Glases untersinken kann. Der einsinkende Stein wird das Gleichgewicht der Wassersäulen aufheben, indem er gegen seine Unterlage drückend, diese aus ihrem Raume treibt, und zu den Seiten dadurch das In-die-Höhe-steigen der Wassersäulen bewirken, indem diese um das Gleichgewicht herzustellen, höher steigen müssen, als die Horizontalebene in der Oberfläche des Steines beträgt. Zugleich drückt das Wasser aber auch seitwärts, mithin fliessen die höher gestiegenen Wassersäulen zur Seite über den tiefer liegenden Stein her; wodurch das Gleichgewicht immer von neuem aufgehoben, und so das zu Bodensinken des Steines möglich wird. Ist dieses erfolgt, so stellt sich die horizontale Oberfläche (der ebene W a s s e r s p i e g e l oder das N i v e a u) her, und das Wasser kommt in Ruhe. Bei dem Eintauchen des Steines bemerkt man die Entstehung kleiner Wasserkreise, welche in dem Obigen ihren Grund haben, und in dem Maase wie der Stein tiefer unter die Oberfläche des Wassers sinkt, sinkt die Waagschale des anderen Arms allmählig nieder, bis bei vollkommenem Untertauchen die Gewichtsverminderung des Steins ihr Maximum erreicht. Um daher das Gleichgewicht der Waage wieder herbeizuführen, wird man genöthigt von der Schaale einen Theil der Gewichte fortzunehmen; und dieser nöthige Gewichtstheil ist gleich dem Gewichte einer Wassermenge, welche dem Steine an Umfange gleichkommt, oder die der Stein aus ihrem Raume vertrieben hat.

Bemerk. 1) Den vorhergehenden Untersuchungen gemäfs kann ein Theil einer gleichartigen Flüssigkeit z. B. ein Wassertropfen, in einer grösseren Menge derselben Flüssigkeit, im ruhigen Zustande nicht sinken, und rücksichtlich der Bewegung innerhalb dieser Flüssigkeit ist daher das Gewicht des Theils so gut wie aufgehoben (Liquida non gravitant in propriis locis). Alle Theile drücken gegeneinander von allen Seiten gleichmässig, und bleiben durch ihren Gegendruck in Ruhe. Die beim Eintauchen entstehenden, der Länge nach (sich scheinbar concentrisch erweiternde) Kreise bildenden Wellen, so wie auch jene, welche in mehr oder weniger geradliniger, paralleler Richtung durch den an einzelnen Stellen der horizontalen Wasserfläche das Wasser hinabdrückenden Wind erzeugt werden, und von denen eine der anderen nachzufolgen scheint, sind nach Newton in stets gleichen Zeiten statthabende Bebungen, ähnlich jenen, welche entstehen, wenn in communicirenden, gleichweiten, senkrechten Röhren stehendes Wasser ausser dem Niveau gebracht wird, nach Gerstner hingegen (vergl. Gilbert's Ann. XXXII. 412. u. ff. XXXIV ff.) nur oberflächliche Verschiebungen der Wassersäulen, die Statt haben, während das Wasser in der Tiefe ganz ruhig, oder wenigstens nicht schwankend bewegt ist. Beim heftigsten Sturme soll das Wasser schon bei einer Tiefe von 30 Fufs ganz ruhig sein. Hiernach ist die Zeit einer Welle nicht von der Tiefe, sondern nur von der Breite abhängig, und gleich breite Wellen schwanken, auch bei der verschiedensten Tiefe, gleichzeitig, oder werden sämmtlich in gleich grofser Zeit durchlaufen. — Die Wellenlinie (als die Linie gleicher Druckgewalten), ist nach Gerstner eine Radlinie (Cycloide), und die gegenseitige Entfernung der beiden tiefsten Stellen, diesseits und jenseits einer Welle, bestimmt die Breite derselben, mit welcher der Abstand der höchsten Rücken zweier nebeneinander vorhandenen Wellen, oder die Entfernung der Spitzen übereinstimmt. Die senkrechte Höhe vom tiefsten Sei

tenpunkte des Wasserspiegels bis zu der Spitze, heifst die Höhe oder Tiefe der Welle, die Dauer der ganzen Schwankung von der Spitzenhöhe bis zur tiefsten Stelle, die Zeit einer Welle, welche mit der Breite verglichen, die Geschwindigkeit der Welle giebt, und die ganze Bewegung: der Wellenschlag oder die Wellenbewegung (Undulatio). Haben mehrere Wellen verschiedene Richtungen, so können sie sich G's Bemerkung zufolge, durchkreuzen, ohne einander in ihrer Bewegung zu hindern. Erfolgt auf dem Rücken der Welle, in der Höhe ihrer Spitze ein neuer Windstofs, so bildet sich Welle auf Welle, oder sog. hohe See, und wirkt der Stofs von der Seite her, so entstehen überschlagende Hohlwellen und sog. Brandung. Die Wellenstillende Kraft des auf Wellen gegossenen fetten Oels, beruht wahrscheinlich auf der, durch die glatte Oelschicht bewirkten Minderung der Adhäsion des Wassers und der aufstofsenden Luft, so wie auf der durch die Oelglätte bedingten Gleichförmigkeit der Wirkung des Windes auf die Wasserfläche, wo denn nicht nur keine neuen Wellen entstehen, sondern die neuen auch durch den Windstofs gebrochen und zerkleinert werden.

2) Der Ort den der eingetauchte Stein erfüllt, war sonst ein mit Wasser erfüllter Raum; diese Wassermasse wurde durch die oben, und zu den Seiten liegenden übrigen Wassersäulen getragen; die Wirkung, der Druck dieser Wassersäulen, bleibt derselbe, auch dann, wenn die Stelle des Wassers ein jeder andere Körper vertritt; mithin wird das absolute Gewicht des Steins um soviel vermindert, als das absolute Gewicht der aus dem Raume verdrängten Wassermenge betragen hatte, und der Stein sinkt nach Abzug dieses absoluten Gewichts des vertriebenen Wassers, mit seinem übrigen Gewichtsantheil d. i. mit seinem respectiven Gewichte zu Boden.

3) Jeder Körper der an sich gewichtiger ist (als ein gleicher Raumgehalt Wasser) läfst sich unter dem Wasser leich-

ter als über demselben heben und bewegen, wenn seine Gestalt nicht den Widerstand des Wassers beträchtlich vermehrt; vergl. §. 38. Bem. 2. u. 3. Auch in der Luft verliert ein jeder Körper etwas von seinem absoluten Gewichte (vergl. §. 59. N. 15.) was indefs gewöhnlich nicht beachtet wird.

4) Jener hydrostatische Grundsatz, »dafs ein verhältnifsmäfsig schwererer Körper beim Untertauchen in eine tropfbare Flüssigkeit, von seinem (durch Wägen in der Luft gegebenen) absoluten Gewichte soviel verliert, als das Gewicht des vertriebenen Flüssigkeitvolums beträgt«, der von Archimedes zuerst angewendet wurde, führte auf eine bequeme Methode die Dichtigkeitsverhältnisse oder die eigenthümlichen (specifischen) Gewichte der Körper zu bestimmen. (vgl. Kastner a. a. O. S. 127 etc.) Zu Untersuchungen der Art bedient man sich entweder einer guten hydrostatischen Waage, (vergl. Tralles in Gilbert's Ann. XXX. 384. XXXVIII. 340.) die sehr empfindlich seyn mufs, und deren Schalen unterhalb mit Häckchen versehen sind, um feste Körper mittelst eines (dem Wasser an Dichtigkeit fast gleich kommenden) Pferdehaares daran zu befestigen und so unter reines destillirtes Wasser, von einer Temperatur welche bei allen Versuchen dieselbe (12° Reaum.) ist, oder auf dieselbe z. B. auf 3½° R. reducirt wird, zu senken; vergl. Pésanteur specifique des corps par Nr. Brisson, à Paris 1787. 4.; oder mit weniger Genauigkeit auch der Areometer (hydrostatische Senkwaage, Areometra, Hydrometra), welche auch bei besonderen Anwendungen Bierwaagen, Brantweinwaagen Milchwaagen, Salzwaagen, Salzspindel oder Solwaagen etc. genannt werden. Vergl. Meisner's Aräometrie. Wien. II B. 1816. Fol. Es bestehen diese Instrumente aus einem senkrecht schwimmenden, länglichrunden Körper, dessen mittlerer Theil (der Bauch) gewöhnlich cylindrisch oder kugelich und hohl ist, und der nach unten mit einem kleineren hohlen mit Schroot oder Merkur gefüllten Theile (dem Senker) ver-

sehen ist. Nach oben geht aus der Axe des Bauchs eine dünne cylindrische glatte Stange oder Röhre (der Hals) an der durch einen Feilstrich — die Grenze (Zeichen) bemerkt ist, bis zu welcher das Werkzeug sich einsenken mufs. Diese Einrichtung findet statt, wenn man die Areometer zur Prüfung der Dichtigkeiten flüssiger Körper anwenden will. Der Hals ist zu dem Ende mit einer nach Graden abgetheilten Scale versehen, und das ganze Instrument mufs stets eine geringere Dichtigkeit als die Flüssigkeit haben, worin man es tauchen will. Minder dichte Flüssigkeiten leisten dem einsinkenden Körper weniger Widerstand, als schwerere; mithin wird ein Instrument, welches z. B. in reinem wasserfreien Weingeist bis 1000^0 einsinkt, in destillirtem Wasser bis 0^0 sinken, oder bei vermehrter Senkmasse in destillirtem Wasser 1000^0, in Schwefelsäure bis 600 etc.; woraus die Dichtigkeitsverhältnisse beider Flüssigkeiten hervorgehen. Eine etwas abweichende Einrichtung haben die Areometer ohne Scale oder mit veränderlichem Gewichte; die man auch Areometer der ersten Art oder eigentliche Senkwaagen (so wie die vorigen Areometer der zweiten Art oder Spindeln) zu nennen pflegt. Der Hals endet sich nämlich nach oben mit einem concaven Tellerchen, auf den mehr oder weniger Gewichte gelegt werden können. Um das Instrument bis an das Zeichen einzusenken, wird ein destimmtes Gewicht (das beständige Gewicht des Areometers) erfordert; alle mittelst dieses Insruments zu bestimmende feste Körper, müssen ein geringeres absolutes Gewicht besitzen, als das beständige Gewicht beträgt. Entfernt man daher das beständige Gewicht (es sey z. B. 1000 Gran) von dem Teller, und legt statt dessen einen festen Körper auf, der z. B. noch 200 Gran Zulage erfordert, um das Instrument bis an das Zeichen einsinken zu machen, so folgt, dafs das absolute Gewicht des festen Körpers 800 Gran beträgt; man entfernt ihn jetzt von dem Teller und legt ihn in das unter dem Bauche

befindliche Eimerchen, welches den Senker bildet; ist der Körper leichter als das destillirte Wasser so wird er durch (zwei am Bauchende befindliche Häckchen befestigt, und so untergetaucht. Er verliert jetzt soviel von seinem absoluten Gewichte, als das Wasservolum beträgt, welches er aus der Stelle getrieben hat, das Instrument steigt mithin wieder um etwas in die Höhe, und es muſs aufs neue der Teller mit Gewichten beschwert werden, um es bis zum Zeichen untergetaucht zu erhalten. Dieser neue Gewichtzuschuſs ist dem absoluten Gewichte der vertriebenen Wassersäule gleich; gesetzt er betrage 40 Gran, so verhalten sich die absoluten Gewichte des festen Körpers und des Wassers bei gleichem Volum, wie 800 zu 40, mithin erstere Zahl mit letzterer dividirt, giebt die Dichtigkeit jenes Körpers zu der des Wassers wie 20 zu 1 an. (Vgl. §. 23.) Man kann diese Areometer (wenn sie von Glas sind) auch zur Bestimmung der Flüssigkeiten rücksichtlich derer Dichtigkeiten anwenden; indem die leichtere eine geringere Belastung des Tellers mit Gewichten heischt, als die schwerere, um das Instrument bis zum Zeichen zu senken etc. Ueber die Einrichtungen und den Gebrauch des HOMBERG'schen, FAHRENHEITischen, NICHOLSONschen, BECKschen, MEISSNERschen Aerometers, der Alcoholometer z. B. des von RICHTER, des allgemeinen Areometers von SCHMIDT und CIARCY (GRENS Journ. d. Phys. VII. S. 186), der Salzspindeln, welche die Löthigkeit der Soole darthun (d. h. welche in 100 Loth Soole 1, 2 etc. Loth Kochsalz angeben) über ARNIM's Mikroareometer (GILBERT's Ann. I. IV. S. 418) u. m. a. meine Grundzüge S. 221 u. ff. und MEISSNER a. a. O. Ueber die weitere Literatur dieser Gegenstände vergl. KASTNER Grundr. d. Chem. S. 154. Ein Haupthinderniſs beim Gebrauch der Areometer ist die Adhäsion des Wassers; welches übrigens bei allen Dichtigkeitsbestimmungen, im reinsten Zustande zur vergleichenden Einheit angenommen, und entweder = 1 oder = 1000 gesetzt wird.

Ueber den Einflufs der Hindernisse der Bewegung fester Körper in tropfbaren Flüssigkeiten auf die Bestimmung des Eigengewichts; vergl. GILBERT's Ann. I. 396. u. IV. 194. HASSENFRATZ benutzte übrigens zu mehreren seiner hieher gehörigen Versuche, Behufs der Bestimmung des Eigengewichts fester Körper das HOMBERG'sche Aräometer und wurde dadurch zum Theil zu irrigen Ergebnissen geführt, indem das Merkur, innerhalb und mit welchem in H's Aräometer die zu bestimmenden festen Körper gewogen werden, nicht in alle Zwischenräume derselben eindringt, und daher der auf diesem Wege gefundene Gewichtsunterschied eines nur mit Merkur und desselben aber mit dem Körper sammt zur Füllung nöthigen Merkur gewogenen Glases, nicht benutzt werden kann, um daraus zu ermitteln, wie sich die absoluten Gewichte des festen Körpers und des Merkur, bei einerlei Raumsgröfse zu einander verhalten; ein Verhältnifs, welches der Unterschied beider Wägungen angiebt, und aus welchem sich das Eigengewicht des Körpers (bei bekanntem Eigengewichte des Merkurs) berechnen lafsen würde, wenn wirklich nur der Körper und nicht zugleich Luft mit dem Merkur in Wägungsverhältnifs gebracht worden wäre; a. a. O. Werden hingegen besser und vollkommen (aber nicht) chemisch einwirkende, eindringende Flüssigkeiten zu ähnlichen Wägungen gewählt, so führt das Verfahren allerdings, bei Benutzung einer guten Wage ohne Schwürigkeiten zu genauen Bestimmungen der Eigengewichte.

5) Bei den Spindeln (Hydrometern) von älterer Einrichtung ist die Gradeintheilung nach willkührlichen Annahmen entworfen worden, und daher nur verständlich, wenn den Graden die Eigengewichte der Flüssigkeiten bei gegebenen Temperaturen beigefügt werden; besonders ist dieses erforderlich bei BEAUMÉ's Hydrometern (eines für Flüssigkeiten, welche schwerer sind als Wasser und das andere für die leichteren) weil diese theils am häufigsten in Gebrauch sind, theils weil

mehrere Schriftsteller ihre hieher gehörigen Angaben auf dasselbe beziehen. Bei 10° R. ist 3° der B'schen Soolenspindel = 1,020 und 72° derselben = 2,000 Eigengew., und bei 10° R. seiner Weingeistspindel sind 10° = 1,000 und 44° = 0,805 Eigengewicht, ohne daſs die zwischenliegenden Grade in dieser Hinsicht auch nur entfernte Gleichförmigkeit beobachten: denn es ist nach Gilpin

bei der Soolenspindel:				bei der Weingeistspindel:			
3°	B. =	1,020	Eigengew.	12°	B. =	0,988	Eigeng.
6	— —	1,040	—	14	— —	0,970	—
9	— —	1,064	—	16	— —	0,955	—
12	— —	1,080	—	18	— —	0,942	—
15	— —	1,114	—	20	— —	0,935	—
18	— —	1,140	—	22	— —	0,915	—
21	— —	1,170	—	24	— —	0,903	—
24	— —	1,200	—	26	— —	0,892	—
27	— —	1,230	—	27	— —	0,886	—
30	— —	1,261	—	28	— —	0,880	—
33	— —	1,295	—	29	— —	0,874	—
36	— —	1,333	—	30	— —	0,867	—
39	— —	1,373	—	31	— —	0,861	—
42	— —	1,414	—	32	— —	0,856	—
45	— —	1,455	—	33	— —	0,852	—
48	— —	1,500	—	34	— —	0,847	—
51	— —	1,547	—	35	— —	0,842	—
54	— —	1,594	—	36	— —	0,837	—
57	— —	1,659	—	37	— —	0,832	—
60	— —	1,717	—	38	— —	0,827	—
63	— —	1,779	—	39	— —	0,822	—
66	— —	1,848	—	40	— —	0,817	—
67	— —	1,876	—	41	— —	0,814	—
68	— —	1,904	—	42	— —	0,811	—
69	— —	1,920	—	43	— —	0,808	—

Nachfolgende Tabelle ist entlehnt aus: Bischoff's Untersuchungen zur nähern Bestimmung der eigenthümli-

chen Schwere, der Ausdehnung durch Wärme, des Ge-Gehalts, der Verminderung der Räume bei Vermischung, und des Gefrier- und Siedepunkts der Salzsoolen, mit Soolgehaltstabellen; Gilbert's Ann. XXXV. 411. ff. Es sind enthalten in einer Salzsoole:

deren Eigengewicht bei 15° R. ist:	in 100 Gewichtstheilen folgende Gewichtstheile Kochsalz:	deren Eigengewicht bei 15° R. ist:	in 100 Gewichtstheilen folgende Gewichtstheile Kochsalz:
1	0	1,110	15,00
1,005	0,71	1,115	15,64
1,010	1,42	1,120	16,29
1,015	2,11	1,125	16,94
1,020	2,82	1,130	17,59
1,025	3,52	1,135	18,23
1,030	4,21	1,140	18,87
1,035	4,91	1,145	19,52
1,040	5,69	1,150	20,15
1,045	6,28	1,155	20,79
1,050	6,97	1,160	21,43
1,055	7,65	1,165	22,09
1,060	8,33	1,170	22,70
1,065	9,00	1,175	23,32
1,070	9,68	1,180	23,95
1,075	10,35	1,185	24,57
1,080	11,02	1,190	25,19
1,085	11,69	1,195	25,82
1,090	12,35	1,200	26,44
1,095	13,02	1,205	27,95
1,100	13,67	1,2078	27,40
1,105	14,33		

Tralles »Untersuchungen über die specifischen Gewichte der Mischungen aus Alkohol und Wasser, und Tafeln für den Gebrauch und die Verfertigung der Alkoholometer« (Gilbert's Ann. XXXVIII. 349.) zufolge ist bei 60° F. das Eigengewicht der Gemische von Weingeist und Wasser, wie nachstehende Tafel zeigt:

Wenn in 100 Maass Weingeist enthalten sind an reinen Alkohol:		so ist dessen Eigengewicht (das des dichtesten Wassers = 1 genommen)	Unterschied:
0	Maass	0,9991	72
5	—	0,9919	62
10	—	0,9857	55
15	—	0,9802	51
20	—	0,9751	51
25	—	0,9700	54
30	—	0,9646	63
35	—	0,9583	73
40	—	0,9510	83
45	—	0,9427	92
50	—	0,9335	101
55	—	0,9234	108
60	—	0,9126	113
65	—	0,9013	121
70	—	0,8892	127
75	—	0,8765	134
80	—	0,8631	143
85	—	0,8488	156
90	—	0,8332	175
95	—	0,8157	218
100	—	0,7939	

Eine sehr gebräuchliche Flüssigkeit ist die Schwefelsäure; über die Menge wirklicher Säure, welche in 100 Theilen tropfbarflüssiger Säure bei einer Temperatur von 60° Fahrenheit. enthalten ist, vergl. DALTON Philos. d. Chem. übers. von F. WOLF I. 248. ff. und VAUQUELIN in den Annales de Chimie. T. LXXVI. p. 260, und d. deutsch. Gewerbsfr. IV.

Folgende Tabelle gründet sich auf sehr genaue, mit aller nöthigen Umsicht angestellte Versuche MEISSNER's vergl. dessen Aräometrie in ihrer Anwendung auf Chemie und Technik. Wien 1816. fol. II. 27.

Tabelle über den Gehalt des wässrigen Weingeistes an reinen Weingeist oder absoluten Alkohol.

Eigengewicht des wässrigen Weingeistes, wenn er in 100 enthält

an Weingeist	dem Gewichte nach		dem Maase nach	
	bei 20° C.	bei 17,5° C.	bei 20° C.	bei 17,5° C.
100	0,791	0,793	0,791	0,793
95	0,805	0,801	0,809	0,811
90	0,818	0,822	0,824	0,828
85	0,831	0,835	0,839	0,843
80	0,843	0,847	0,854	0,857
75	0,856	0,859	0,867	0,869
70	0,868	0,870	0,880	0,883
65	0,880	8,883	0,893	0,896
60	0,892	0,895	0,906	0,907
55	0,904	0,906	0,917	0,919
50	0,915	0,917	0,928	0,930
45	0,926	0,928	0,938	0,940
40	0,937	0,939	0,947	0,949
35	0,947	0,948	0,955	0,958
30	0,955	0,953	0,963	0,964
25	0,963	0,965	0,969	0,970
20	0,970	0,971	0,975	0,976
15	0,977	0,977	0,981	0,980
10	0,984	0,983	0,987	0,986
5	0,992	0,991	0,993	0,993
0	1,000	1,000	1,000	1,000

6) Ausser den angezeigten Methoden bedient man sich zur Bestimmung des specifischen Gewichts (von einigen auch Eigenschwere genannt) oder des Eigengewichts der Flüssigkeiten, theils einer elfenbeinernen oder gläsernen Kugel, die an eine Schale der hydrostatischen Waage befestigt zuerst an der Luft, dann in Wasser und (nach vorangegangenen Abtrocknen) in der zu bestimmenden Flüssigkeit gewogen wird; der zuletzt erhaltene angemerkte Verlust durch den zuerst erhaltenen dividirt, giebt das gesuchte specifische Gewicht; theils füllt man reine Gläser von bekanntem Rauminhalte, die mit eingeschliffenen Stöpseln versehen

sind, und deren Gewicht in der Luft bekannt ist, genau mit Wasser, merkt das Gewicht des so gefüllten Glases an, entleert es genau und bringt die zu prüfende Flüssigkeit hinein, welche sammt dem Glase gewogen, nach Abzug des Thara durch Vergleichung der Netto, auf oben beschriebene Weise zur Bestimmung der comparativen Dichtigkeit führt. Um das Gewicht z. B. eines Cubiczolls Wasser anzugeben, wäge man einen genau gearbeiteten Cubiczoll von Messing zuvor in der Luft und dann im reinsten Wasser; der Gewichtsverlust giebt das absolute Gewicht des Cub. Zolls Wasser an. Nöthige Cauteln dabei. Schmidt (phys. mathem. Abh. S. 89) bestimmt das Gewicht eines pariser (Duodecimal-) Cubiczolles Wasser bei 16° R = 323 Gran cöln.; mithin das des paris. Cubicfuſses = 72,675 Pfd. cöln. Langsdorff (Grundlehre d. mechan. Wissensch. 4. S. 71) setzt das eines pariser Cubicfusses = 69,995 Pfd. par. oder 67,3 Pfd. nürnbergisch; Studer (Gilberts Annal. XIII. 1 St. S. 122) das des pariser (Duodecimal-) Cubiczolles bei 12° R. = 330,94 Gran cöln. und das eines pariser Cubicfusses destillirten Wassers = 70,920 Pfd. cöln. Andere bestimmen den pariser Cubicfuſs Wasser = 69,015, woraus sich das Gewicht eines paris. Cubicfusses Quecksilber = 943,711 Pfd. paris. oder 989,682 Pfd. cöln. ergiebt. Ein Duodecimal-Cubiczoll destillirtes Wasser wiegt nach dem Original des Berlinischen eigentlich rheinländischen Fuſsmaases, und nach dem in Berlin vorhandenen Normal-Apothekergewichte bei 14° R. 288 Gran Tralles wollte gefunden haben, daſs luftleeres und luftvolles (gewöhnliches destillirtes) Wasser, nicht merklich hinsichtlich ihres Eigengewichts differiren (Gilbert a. a. O. B. XXVIII. 4s St. S. 479). Als in den Jahren 1799 u. 1800 die Commission zur Bestimmung der Einheiten der neuen französischen Maaſse und Gewichte, das Gewicht des Wassers ausmittelte, fand sie, daſs ein pariser Kubicfuſs reinen destillirten oder Regen-Wassers bei einer Wärme von 3½ Grad

Reaum. d. i derjenigen, bei welcher das Wasser am dichtesten ist, 70 Pfund 223 Grains wiege; hiernach würde das Gewicht eines rheinländ. Kubicfufses reinsten Wassers von derselben gröfsten Dichtigkeit = 63,157 franz. Pfunde oder 66,171 köllnische Pfunde sein, und mit Berücksichtigung der Ausdehnungen die das Wasser bei einer Temperatur unter oder über $3^1/_2{}^0$ R. (nach dem später Cap. XI. anzuführenden Beobachtungen und Berechnungen Gilpin's) erleidet, würde 1 paris. Kubicfufs Wasser von 0^0 R. 70,0141 französ. Pfd. und mithin 1 paris. Kubik Zoll 373,4 franz. Grain, 1 paris. Kubicfufs von $3^1/_2{}^0$ R. 70,0242 franz. Pfd. 1 franz. Kubiczoll von $3^1/_2{}^0$ R. 373,45 franz. Gr., 1 paris. Kub. Fufs von 9^0 R. 70 franz. Pfd. u. 1 paris. Kub. Zoll von 9^0 R. 373,33 fr. Gr.; ferner 1 paris. Kub. Fufs von 15^0 R. 69,9506 franz. Pfd und 1 pariser Kubikzoll von 15^0 R. 373,05 fr. Gr. und endlich 1 paris. Kubikfufs von 30^0 R. 69,5411 paris. Pfd. und 1 Kub. Zoll von 30^0 R. 370,89 franz. Grains wiegen. 1 Kubikcentimeter = 1 Gramme wiegt hiernach 18,82715 und 1 Kubikdecimeter oder 1 Litre (= 1 Kilogramme) 18827,15 Grains oder 2,625 Pfd. oder 2 Pfd. 5 Gros 35,15 Grains franz. Markgew. oder 33,523 Unzen nürnberger Medicinalgew. Vergl. auch m. Grundzüge S. 224. Hällström in Gilbert's Ann. XX. 384—390. Auch die Gröfse fester Körper in Cubicmaafs, läfst sich leicht aus dem, was ein solcher Körper von seinem absoluten Gewicht in Wasser verliert, finden, wenn zuvor das absolute Gewicht des Wassers im gegebenen Cubicmaase bekannt ist. Vergl. m. Grundzüge S. 208. §. 79. Bem. 1 u. 2.

7) Eigentlich sollten die Körper, vorzüglich sehr leichte z. B. Kork, Papier etc. statt in der Luft, im möglichst luftentleerten Raume gewogen werden, um ihr absolutes Gewicht zu erhalten; und da der Erfahrung gemäfs alle feste und liquide Körper mehr oder weniger Luft beigemengt, oder als dichtere Atmosphäre umschwebend enthalten, so sollte diese wenigstens bei sehr porösen Substanzen z. B. Holz, zuvor soviel wie möglich

durch langes Liegen in Wasser herausgebracht werden, um wenigstens einen Luftgehalt übrig zu behalten, der der Luftmenge des Wassers näher kommt; weil sonst immer nur mittlere Eigengewichte erhalten werden. Viele Körper sind an sich schwerer als das Wasser, ihre beigemengte Luft (oder andere leichte Körper) bewirkt aber ein mittleres Eigengewicht von geringerer Dichtigkeit als das des Wassers; z. B. hohle Metallkugeln, Kohle, Holz etc.

8) Bei leichteren Körpern (als das Wasser) läſst sich das Eigengewicht auch noch ausser der oben angegebenen Methode dadurch finden, daſs man sie mit schwereren Massen z. B. mit Metallen mittelst eines Pferdehaares verbindet; das Metallstück braucht nur so groſs zu sein als nöthig ist, den leichteren Körper unter das Wasser zu ziehen. Man bestimmt dann den Verlust beider im Wasser, und den des schwereren für sich und zieht dessen Verlust von ersterem Verluste ab; der Rest giebt dann das Gewicht des Wassers an, welches mit dem leichteren Körper gleiches Volum hat etc. Auch kann man sich statt des Metalles eines Glaseimers zum Schwermachen bedienen, der auch zugleich beim Abwägen der Pulver benutzt werden kann.

9) Ist der zu bestimmende Körper im Wasser löslich, so bestimmt man sein Gewicht in absoluten Alhohol, oder wenn er sich auch hierin löst: in rectificirtem Terpentinöl, und da die Eigengewichte dieser Flüssigkeiten bekannt sind, oder leicht ausgemittelt werden können, so läſst sich daraus auch leicht das Eigengewicht des löslichen Körpers gegen Wasser bestimmen. Bezeichnen wir den leichten Körper mit L, den Weingeist mit S, und das Wasser mit W, und setzen wir $S : W = 9 : 10$ und $L : S = 5 : 9$; so ist $L : W = 5 : 10$ (und $W = 1$ angenommen: $L = 1/2$). Am besten wiegt man dergleichen Körper in ihren eigenen gesättigten Lösungen z. B. Kochsalz in getättigter wässriger Kochsalzlösung und verfährt übrigens wie oben bemerkt wurde.

10) Besteht ein Körper aus zwei oder mehreren Materien von verschiedener Dichtigkeit, die aber bei jeder einzelnen Materie bekannt ist, und bestimmt man sein absolutes Gewicht durch Wägen in der Luft und sein specifisches Gewicht durch Wägen im Wasser, so läfst sich hieraus ohngefähr berechnen, wieviel von jeder der Materien in dem ganzen Körper enthalten ist. Man nennt dieses das Archimed'sche Problem, weil nach einer für fabelhaft zu haltenden Erzählung Vitruv's (de architectura, Lib. 9. Cap. 3.) Archimedes gefunden haben soll, wieviel Silber eine angeblich goldene Krone des Königs Hiero in Syracus enthalten habe. Indefs wird die ganze Auflösung des Problems dadurch ungewifs, dafs zwei sich mischende Materien von verschiedener Dichtigkeit, nicht die mittlere Dichtigkeit, sondern gewöhnlich eine gröfsere, seltener eine geringere erhalten; ein Fall der auch häufig bei Lösungen und Vermischungen tropfbarer Flüssigkeiten eintritt. Z.B. Kochsalz in Wasser aufgelöst, giebt eine Raumerfüllung, die der Summe der Räume von dem Kochsalz und dem Wasser für sich nicht gleich ist. Daher werden bei Verfertigung der Scalen zu den Salzspindeln eigene Beobachtungen und darauf gegründete Rechnungen erfordert, um aus dem specifischen Gewicht der Salzlösung, die Menge des in einem gegebenen Gewichte der Salzsoole enthaltenen Salzes zu bestimmen; vergl. Lambert in der Histoire l'acad. de Prusse 1762. T. XVIII. S. 27. ff., und Bischoff a. a. O. s. oben S. 310. Etwas ähnliches findet bei der Vermischung von Weingeist und Wasser statt, Gilpin (vergl. Grens neues Journ. d. Phys. B. II. S. 363 ff.) hat die dazu nöthigen Versuche angestellt und in einer Tabelle die specifischen Gewichte der verschiedenen Mischungen angegeben. Lowiz zeigte indefs (Crells Ann. 1796. Bd. I. S. 202 etc.), dafs der von Gilpin angewendete Alkohol noch nicht vollkommen wasserfrei war, und dafs die Entwässerung desselben sich bis 0,791 (bei 68° Fahr.) specifischen. Gew. treiben lasse, wonach er eine ver-

besserte Tabelle jener Gemische entworfen und a. a. O. mitgetheilt hat. Vergl. auch Tralles a. a. O. und oben Bem. 5. S. 310 u ff.

11) Um die Eigengewichte der Luftarten aufzufinden, leert man genau einen haltbar gläsernen oder kupfernen kugeligen Recipienten, dessen Höhlung genau ausgemessen, mit Hülfe der Luftpumpe (von deren Einrichtung und Gebrauch nebst den bei diesen und ähnlichen Versuchen nöthigen Cauteln in der Folge), bestimmt mit Hülfe der Barometerprobe die Spannung der durch das Auspumpen hinterbliebenen sehr verdünnten Luft, schätzt hiernach das Gewicht derselben, wiegt ihn, füllt ihn mit der zu bestimmenden Luft, wiegt ihn wieder, und zieht von diesem Gewichte das des zuvor zurückgebliebenen Antheils atmosphärischer Luft ab; das erhaltene absolute Gewicht des Luftquantums wird dann auf das eines Cubikzolles reducirt; und durch Vergleichung mit dem absoluten Gewicht derselben Menge Wassers, das specifische Gewicht der Luft ausgemittelt. Guericke's Monometer (Monometrum, Dasymetrum) oder Luftdichtigkeitsmesser, besteht aus einem länglich starken, jedoch leicht beweglichen gleicharmigen Wagebalken, an dessen einem Ende eine hohle kupferne möglichst dünnblechige, genau verschliefsbare Kugel, und an dessen anderem Ende ein längliches Bleigewicht hängt, welches der Kugel bei ihrer mittleren Dichtigkeit das Gleichgewicht hält. Der Widerstand der Luft gegen das Bleigewicht ist sehr geringe und als nicht vorhanden zu betrachten, hingegen bei der hohlen Kugel bedeutend, so dafs ein merklicher Unterschied beobachtet wird, je nachdem die Dichtigkeit der Luft wächst oder zunimmt. Im ersteren Falle steigt die Kugel, im letzteren sinkt sie; und dieser Unterschied wird entweder durch Ab- und Zulegen kleiner Gewichte an dem Gegengewicht (bis zur Herstellung des Gleichgewichts) oder durch Fortschieben eines Laufgewichts am Arme des Gegengewichts bestimmt. Je gröfser die kupferne Kugel und je vollkom-

mener sie ausgepumpt ist, um so brauchbarer ist das Instrument. SAUSSURE's durch BERTHOLLET verbessertes und RETTBERG's zwei neue Monometer; GILBERT's Ann. XL. S. 99. GERSTNER's Abh. üb. den Gebrauch der Luftwage bei Höhenmessungen; GREN's Journ. d. Phys. IV. S. 172.

12) LAVOSIER (S. die Tabellen bei dessen System der Chemie, übers. von HERMBSTÄDT. Berlin 1792. II. Bd. S. 246) hat bei 10° R. und 28″ Barometerstand das absolute Gewicht (im französ. Med. Gew.) eines Cubiczolles von nachfolgenden Luftarten bestimmt, welche nach FISCHER (vergl. GREN a. a. O. S. 213) auf Berliner Maas und Gewicht reducirt, folgende Tabelle darstellen.

	Der Paris. Cubiczoll wiegt in französ. Mark - Gewicht.		Der Berliner Duodecimal - Cubiczoll wiegt in demselben Med. Gewicht.
Atmosphärische Luft	0,46005	Gran -	0,3644
Lebensluft (Oxygène)	0,50695	— -	0,4015
Stickluft (Azote)	0,44444	— -	0,3520
Brennbare Luft (Hydrogène)	0,03539	— -	0,0280
Nitröse Luft	0,54690	— -	0,4331
Ammoniakluft	0,27488	— -	0,2177
Fixe oder kohlensaure Luft	0,68985	— -	0,5464
Schwefellichtsaure Luft	1,03820	— -	0,8222

Neuere hieher gehörige Bestimmungen zeigt nachstehende Uebersicht der Eigengewichte der Gase, das der atmosphärischen Luft zur Einheit angenommen:

Namen der Gase.	Dichtigkeit derselben bestimmt durch den Versuch.	Berechnete Dichte.	Namen des Beobachters.
Atmosphärische Luft	1,0000		
Jodegas	—	8,6195	Gay - Lussac
Jodsäureäthergas	5,4749	—	—
Terpentinölgas	5,0130	—	—
Jodwasserstoffgas	4,4430	—	—

Namen der Gase.	Dichtigkeit derselben bestimmt durch den Versuch.	Berechnete Dichte.	Namen des Beobachters.
Fluorinsiliciumgas	3,5735	—	John Davy
Chlorinkohlenstoffg.	—	3,3894	—
Schwefeläthergas	2,6447	—	Gay-Lussac
Kohlenstoffschwefg.	2,5860	—	—
Chloringas	2,4700	2,4216	Gay-Lussac u. Thenard
Euchloringas	—	2,3782	John Davy
Fluorinborongas	2,3709	—	—
Salzäthergas	2,2119	—	Thenard
Schweflichtsauresgas	2,1204	—	Ders. u. Gay-Lussac
Chlorinblausauresg.	—	2,1110	Gay-Lussac
Blaustoffgas	1,8064	1,8011	—
Absol. Alkoholgas.	1,6133	—	—
Stickstoffprotoxydg.	1,5204	1,5209	Colin
Kohlensauresgas	1,5196	—	Biot u. Arago
Salzsauresgas	1,2474	—	—
Schwefelwasserstoffgas	1,1912	—	Thenard u. Gay-Lussac
Sauerstoffgas	1,1036	—	Biot u. Arago
Salpetergas	1,0388	1,0364	Bérard
Oelbildendesgas	0,9780	—	Th. v. Saussure
Stickgas	0,9691	—	Arago u. Biot
Kohlenoxydgas	0,9509	0,9678	Cruckshank
Blausauresgas	0,9476	0,9360	Gay-Lussac
Phosphorwasserstoffgas	0,8700	—	Humphry Davy
Wassergas	6,6235	0,6240	Gay-Lussac
Ammoniockgas	0,5967	—	Biot u. Arago
Kohlenwasserstoffg.	0,5550	—	Thomson
Arsenikwasserstoffg.	0,5290	—	Trommsdroff
Wasserstoffgas	0,0732	—	Biot u. Arago

Vergl. KASTNER's Berlinisches Jahrbuch für die Pharmacie. 19ter Jahrg. Berlin 1818. 8. S. 219 u. ff.

Tabelle über die Eigengewichte verschiedener Stoffe (das zur Einheit angenommene des reinen Wassers = 1,000 gesetzt) bei 10⁰ Reaum.

Metalle.		Stahl	7,810
Platina gehämmert	21,069	bis	7,833
gegossen	19,500	Uran	6,440
gediegenes	17,200	Tantalium als Oxyd	6,500
Palladium	11,3	Mangan	7,000
bis	11,8	Scheelium	6,823
Gold gehämmert	19,361	Molybdän	6,963
gegossen	19,258	Wismuth	9,832
gediegenes	18,50	Stibium	6,702
Silber gehämmert	10,510	Cadmium	8,6040
gegossen	10,474	Zink	7,215
gediegenes	10,338	Tellur	6,115
Merkur	13,674	Chrom	5,90
bis	14,110	Arsenik	8,308
gediegenes	13,568	gediegenes	8,000
Blei gegossen	11,352	**Einige Metallgemische.**	
Zinn von Bancas	7,216	Gold 442 Gran, Silber 38	= 17,927
v. Malacca geg.	7,296		
geh.	7,306	Gold 442 Gran, Silber 19, Kupfer 19	= 17,344
v. Cornvall geg.	7,291		
geh.	7,799		
Kupfer gegossen	7,788	Gold 442 Gran, Kupfer 38	= 17,157
zu Drath gez.	8,878		
Japanisch geg.	8,726	Weiſs Tellurerz	10,678
geschmied.	9,000	Tantalit	7,300
gediegenes	7,728	Rothes Merkuroxyd	9,230
Nickel gegossen	8,279		
gestreckt	8,666	**Erze.**	
bis	9,000	Schwefelkies	4,789
Kobalt gegossen	7,811	bis	4,912
gestreckt	8,150	Kupferkies	3,800
Eisen: Roheisen	7,207	bis	4,158
Schmiedeisen	7,788	Zinnober	7,838
schwed.	7,765	bis	8,002

Bleiglanz	7,220
Schwefelstibium	4,700
	bis 4,858
Wasserbley	7,000

Einige Erden und Steine.

Schmirgel	4,000
Titaneisen	4,545
Yttertantal	5,130
Bergkrystal, weisser	2,888
Beryl, sibirischer	2,722
Smaragd	2,678
Zirkon, ceylonischer	4,416
Gadolinit	4,237
Cererit (Ochroit)	4,660
Oriental. Sapphir	4,203
Turmalin	3,155
Töpferthon	2,000
Meerschaum	0,336
Speckstein	2,727
Venetianischer Talk	2,780
Hyalit	2,150
Kreide	2,315
Körniger Kalkstein	2,837
Isländischer Kalkspath	2,715
Anhydrit	2,850
Magnesit	2,915
Strontianit	3,644
Schwerspath, dichter	4,400
Witherit	4,338
Bergkork	0,680
	bis 0,993
Bimstein	0,914

Erdharze und Erdöle.

Bergnaphtha	0,708
Petroleum	0,854
	bis 1,110
Bernstein	1,065
	bis 1,085
Honigstein	1,660
Asphalt	1,203
	bis 1,744
Steinkohle	1,270
	bis 1,500
Braunkohle	1,019
	bis 1,292

Kohlenartige Mineralien.

Graphit	1,860
Kohlenblende	1,468
Demant	3,521
	bis 3,654
Natürlicher Schwefel	2,033
Stangenschwefel	1,800
	bis 1,990
Gelblichbrauner Phosphor	1,770
Schwefelalkohol	1,300
Wasserstoff als Gas	0,000094
Sauerstoff	0,00135
Stickstoff	0,00115
Holzkohle	0,441
Weisses Krystallglas	2,892
	bis 2,488
Grünes Bouteillenglas	2,642
Engl. Flintglas	3,329
Porzellan von Severs	2,145
von China	2,348
Concentrirte Schwefelsäure	1,877
Salpetersäure	1,538
Salzsäure	1,194
Boraxsäure	1,479
Arseniksäure	3,391
Aetzender Salmiakgeist	0,890

Zerfloss. kohlens. Kali	1,550	Arabisches Gummi	1,452
Schwefelsaures Kali	2,298	Indigo	0,769
SchwefelsauresNatron	2,246	Gummilack	1,139
Salpeter	1,900	Benzoe	1,092
Kochsalz	1,918	Myrrhe	1,360
Sublim. Salmiak	1,420	Stinkend. Asand	1,327
Borax	1,720	Aloe	1,358
Alaun	1,714	Opium	1,336
Bleizucker	2,395	Elfenbein	1,825
Eisenvitriol	1,880	Hühnereier	1,090
Alkohol	0,791	Korkholz	0,240
Wein	0,916	Tannenholz	0,550
	bis 1,039	Lindenholz	0,604
Aetherische Oele	0,893	Birnbaumholz	0,661
	bis 1,094	Pflaumenholz	0,785
Fette Oele	0,853	Erlenholz	0,800
	bis 0,966	Eichenholz	0,929
Kampher	0,988		bis 1,666
Weisses Pech	1,072	Mahagonyholz	1,063
Copal	1,139	Ebenholz	1,209
Federharz	0,933	Griesholz	1,200
Weisser Zucker	0,606	Eis	0,916
Wallrath	0,943	Kalimetalloid	0,874
Butter	0,942		

Vergl. Muschenbroek introduct. ad philos. nat. T. II. §. 1417; Brisson a. a. O. Hauys Lehrbuch der Mineralogie übers. v. Karsten. Theils können solche Tabellen in mehreren Fällen zur Prüfung der Aechtheit verschiedener Substanzen gebraucht werden, theils dienen sie dazu, das Gewicht eines Cubiczolles, Cubicfusses u. s. w. der angegebenen Stoffe aufzufinden, vergl. oben; theils können sie zu Vergleichungen und (durch Experimente zu bestätigenden) Schlüssen über die Natur und Mischung verschiedener Materien benutzt werden; wie z. B. die Bildungstheile organischer Körper und die kohlenartigen Mineralien, die schweren Metalle und deren Verbindungen, desgleichen die Oxyde der leichten Metalle (die meisten Salze, die Erden und Steine) schon durch ihre Dichtigkeiten auf dergleichen Schlüsse hinweisen.

Uebersicht der Eigengewichte des Wassers nach Gilpin und Eytelwein.

Fahrenheit. Thermometer.	Beobachtet.	Berechnet.	Unterschied.
40°	1,00094	1,000943	0,00000
45°	1,00086	1,000838	+ 0,00002
50°	1,00068	1,000644	+ 0,00004
60°	1,00000	0,999986	+ 0,00001
62°	0,99981	0,999811	— 0,00000
70°	0,99894	0,998969	— 0,00003
79°	0,99774	0,997747	— 0,00001
80°	0,99759	0,997592	0,00000

Statt der leeren Räume, welche die ältere Physik zur Erklärung der Dichtigkeitsunterschiede annahm, zeigt die neuere, daſs Materien von verschiedener Dichtigkeit verschiedene Mengen gebundener Wärme (und zum Theil auch gebundenen Lichts) enthalten; s. Cap. XI.

13) Setzen wir die Oberfläche eines Mannes = 14 franz. Quadratfuſs, und nehmen wir an, daſs derselbe z. B. als Taucher 32 Pariser Fuſs tief unter der Oberfläche stehe, so erleidet sein Leib, Falls er zur Hälfte vom Wasser umflossen unter der Taucherglocke sich befindet, einen Wasserdruck, der um 15680 franz. Pfunde gröſser ist, als derjenige ausserhalb des Wassers.

14) Da den vorhergegangenen Untersuchungen über die Schwere zufolge, die Erdatmosphäre in verschiedenen Höhen von verschiedener Dichtigkeit ist, und da diese ausserdem noch durch Electricität, Wärme und mehrere ähnliche Ursachen, für eine oder die andere Luftschicht sehr beträchtlich wechseln kann, so ergiebt sich hieraus die Möglichkeit, daſs ein und derselbe Körper in ihr zum Sinken und Schweben, Aufsteigen und Schwimmen gebracht werden kann. Dahin gehört das Steigen und Fallen des Nebels, der Wolken, des Rauchs, des Dunstes (§. 72. Bem. 2.) u. s. w.

§. 79.

Kommt ein frei beweglicher specifisch leichterer Körper mit einer schwereren Flüssigkeit in Berührung, so wird er sich in die Höhe begeben und von selber schwimmen (innatare fluido, flotter). War der leichtere Körper flüssig, und befanden sich beide in einem Behälter, so werden sie nur dann im Gleichgewicht oder in Ruhe sein, wenn sie so übereinander stehen, daſs der leichtere obere von dem unteren durch eine horizontale, dem Spiegel (Niveau) parallele Fläche, begrenzt wird; vergl. oben. Ist hingegen der leichtere ein fester Körper, so wird er nur in derjenigen Lage schwimmen, in welcher sein Schwerpunct senkrecht über den Mittelpunct (Stützpunct) des aus der Stelle getriebenen Flüssigen steht. Findet diese Richtung beider Puncte nicht statt, so wird der schwimmende Körper sich solange (gleich einem Hebel) drehen und schwanken, bis jenes Verhältniſs eingetreten ist. Läſst dabei die Gestalt des Körpers eine Veränderung der Lage seines Schwerpunctes zu, und liegt der Schwerpunct mehr oder weniger höher über dem Stützpunct, so wird der Schwerpunct sich bei jedem Schwanken des Flüssigen so tief wie möglich senken, und der Körper umschlagen. In dem Maase wie aber der schwimmende Körper in den tragenden eintaucht, wird sein Schwerpunct nach oben zu verrückt werden, indem die Gewichtigkeit des eintauchenden Theils vom Seitendruck des Flüssigen Verminderung erleidet, und er wird umfallen, wenn er nicht durch hinreichende Seitenausdehnung, auch bei jeder Lage noch soviel Masse zur Seite behält, daſs der Schwerpunct innerhalb seiner unterstützten Fläche zu fallen vermag.

Bemerk. 1) Beim Gehen im Wasser bemerkt man dieses Verrücken des Schwerpunctes an sich selber, durch den unsicheren Gang, indem der Schwerpunct um so höher rückt, je tiefer man eintaucht; ganz oder bis ans Kinn untergetaucht, ist daher die Gefahr des Umschlagens geringer als z. B. beim Eintauchen bis zur Brust.

2) Um wieviel der schwimmende Körper eintaucht, wird genau durch das Verhältnifs seines specifischen Gewichts zu dem des Flüssigen (dem das Verhältnifs des Volumens seines eingetauchten Theils zu seinem ganzen Volumen gleich ist) bestimmt. Würfel von Kork, Tannenholz, Eichenholz werden zu verschiedenen Tiefen eintauchen; und ein und derselbe Würfel wird in Seewasser minder tief als in süsses Wasser, und in Weingeist eintauchen. Es giebt dieses Gelegenheit die specifischen Gewichte zweier Flüssigkeiten jedoch nicht mit grosser Genauigkeit zu vergleichen. So wie sich die Umfänge des eingetauchten Theils verhalten, so verhalten sich die specifischen Gewichte der geprüften Flüssigkeiten. Kennt man den cubischen Inhalt des eingetauchten Theils, und das absolute Gewicht eines bestimmten cubischen Inhalts (z. B. eines Cubicfusses) der tragenden Flüssigkeit, so kann man daraus das absolute Gewicht des ganzen schwimmenden Körpers bestimmen; indem das absolute Gewtcht des schwimmenmenden Körpers gleich ist, der Gröfse seines eingetauchten Theils, multiplicirt mit dem absoluten Gewichte des bestimmten cubischen Inhalts der Flüssigkeit. Ist hingegen das absolute Gewicht des schwimmenden Körpers, und des bestimmten cubischen Inhalts der tragenden Flüssigkeit bekannt, so ist die Gröfse des eingetauchten Theils, gleich dem absoluten Gewicht des schwimmenden Körpers, dividirt durch das absolute Gewicht des bestimmten cubischen Inhalts der Flüssigkeit. Anwendungen von beiden Fällen auf beladene Schiffe.

3) Haben zwei schwimmende Körper (von gleichem oder verschiedenem specifischen Gewichte) gleiches ab-

solutes Gewicht, so werden beide gleich tief in einerlei Flüssigkeit eintauchen; ist hingegen (auch bei gleichen specifischen Gewichten der schwimmenden Körper) ihr absolutes Gewicht verschieden, so werden sie auch zu verhältnifsmäfsig verschiedenen Tiefen eintauchen.

4) Vermöge der Adhäsion wird indefs jeder schwimmende Körper etwas tiefer eintauchen, oder etwas höher von der Flüssigkeit umflossen werden, als er seinem Gewichte nach sollte, und nach Verschiedenheit der Adhäsion, wird auch dieses etwas zu- oder abnehmen.

5) In der Regel ist der menschliche Körper specifisch schwerer als das Wasser, und zwar verhält sich (Muchenbroeck a. a. O. §. 1399.) sein specifisches Gewicht zu dem des Wassers wie 1,111 zu 1,000. Beim künstlichen Schwimmen hat er aber nur sein respectives Gewicht emporzuhalten, d. i. denjenigen Ueberschufs seines absoluten Gewichts über das absolute Gewicht eines gleich grofsen Wasservolums, als er eintauchend aus der Stelle drängt, addirt zu dem Gewichte seines noch hervorragenden Körpertheils. Paolo Moccia wog 300 neapolitanische Pfund, und war demnach 30 Pfund leichter als ein gleich grosses Wasservolum. Vergl. Karstens Lehrbegr. der gesammten Mathematik, Th. III. Hydrostatik, §. 31; und mehrere ähnliche Fälle bei Robertson in dem Transact. philosoph. Vol. L. S. 30 u. s. f.

6) Von der Lage des Schwerpunkts der durch das Eintauchen aus dem Raume vertriebenen Wassermasse d. i. von dem Mittelpunkt der Tragkraft des Wassers, gegen den Schwerpunkt des getragenen Körpers hängt es ab, ob dieser schwimmend sich drehen (umschlagen) oder in seiner Schwimmstellung verbleiben soll. Letzteres ist nur möglich a) wenn beide Punkte zusammenfallen (z. B. bei einer auf dem Wasser schwimmenden, aus gleichartiger Masse bestehenden Kugel) b) wenn der Mittelpunkt der Tragkraft senkrecht unter dem Schwerpunkte des schwimmenden Körpers liegt (z. B. bei der mit der ebenen Fläche aufwärts gekehrten, schwim-

menden Halbkugel) und c) wenn der Mittelpunkt der Tragkraft senkrecht über den Schwerpunkt des Körpers fällt. In allen diesen Fällen hat der schwimmende Körper Stabilität. Schmale Schiffe mit hohen Masten bedürfen schwerer Kiele und, wenn sie nicht mit Gütern beladen sind, schweren Ballastes, um gegen das Umschlagen gesichert zu sein. — Auch für gasige Flüssigkeiten gelten obige Gesetze; einzelne Seifenblasen schwimmen auf kohlensaurem Gase und in der atmosphärischen Luft ohne umzuschlagen; der kuglige Luftballon ist theils durch seine Gestalt, theils durch das Gewicht des unten anhängenden Nachens gegen das Umschlagen vollkommen gesichert; Nutzen der sog. Schwerdte, d. s. krummlinig umgränzte flache Bretter am Borde (am Aussenrande) der Böte, zur Verhüthung des Umschlagens u. s. w.

§. 80.

Jeder leichtere Körper ist zwar gegen das Untersinken durch seine geringere Dichtigkeit geschützt, wenn man ihn auf eine schwerere Flüssigkeit legt, aber nicht gegen das Eintauchen; denn auch die dünneste feste Platte oder Scheibe wird so tief eintauchen, bis die Menge der von ihr verdrängten Flüsigkeit ihr an Gewicht gleich ist. Es drückt nämlich jeder schwimmende feste Körper (vergl. oben) mit seinem absoluten Gewichte auf die unter ihm befindliche Flüssigkeitssäule und vermehrt daher das Gewicht derselben, diese dadurch dichter und schwerer gewordene Säule sinkt mithin in der übrigen Flüssigkeit so tief ein, bis sie eine Höhe erreicht hat, der zufolge sie mit dem auf ihr liegenden Körper gemeinschaftlich, mit den übrigen Flüssigkeiten im Gleichgewicht steht.

§. 81.

Um einen festen Körper zum Schwimmen (flotter) zu bringen, wird nicht gerade erfordert, daſs er in allen Theilen specifisch leichter sey, sondern nur, daſs er zusammen mit allen seinen Theilen (auch von noch so verschiedener Dichtigkeit) nicht mehr wiege, als ein gleich grosses Volumen der tragenden Flüssigkeit. Verbindet man daher einen schwereren Körper, mit einem der specifisch leichter ist als die tragende Flüssigkeit, so kann sehr leicht der Fall eintreten, daſs der erstere mittelst dieser Verbindung zum Schwimmen gebracht wird; und umgekehrt kann auch der leichtere Körper durch Verbindung mit einem schwereren, in einem Verhältnisse, daſs die mittlere Dichtigkeit beider noch die der tragenden Flüssigkeit übertrifft, zum Sinken gebracht werden.

Bemerk. 1) Als Belege des ersteren Falls können genannt werden: das Schwimmen der Nebel- und Dunstbläschen, der Luftballons und Aerostaten überhaupt in gewissen Höhen; das hohler Kugeln, leerer verstopfter Flaschen, aufgetriebener (Harn-) Blasen, die zusammengedrückt zu Boden sinken; der beladenen Schiffe, der Pontons (mit der enthaltenen, atmosphär. Luft, die 800 Mal leichter ist als Wasser); das Schwimmen mittelst Schwimmgürteln, Rindsblasen, Binsen, Kork; die Art Schiffe in seichte Häfen zu buxiren; das Emporsteigen der Cadaver, in dem Maase wie sich durch die Fäulniſs in ihnen verschiedene Luftarten entwickeln; das Auf- und Niedersteigen der Fische (vergl. Biot in Gilbert's Ann. XXVI. 454. u. s. f.), das periodische Emporkommen einiger Wasserpflanzen durch angebildete Luft enthaltende Blasen; die Einrichtung der mit Kork umhüllten und gefütterten Rettungsbote; Bestimmung des Gewichts der Schiffsladung (nach Lasten oder Tonnen) nach Maaſsgabe der

Eintauchtiefe des beladenen Schiffs; Tonnenbrücken; u. m. dgl. Man wird mit aufgeblasenen Backen besser vom Wasser getragen, als bei geöffnetem Munde, so auch fette Menchen bei übrigens gleichen Umständen besser als magere u s. w.

2) Zu dem letzteren Falle gehören: das Sinken leck gewordener Schiffe; die Luft in der Taucherglocke, während die Glocke ins Meer gesenkt wird; das Sinken umgestürzter Gläser, ausgedrückter Blasen, des von Luft entlerten Holzes, Ertrunkener u. s. w. Stürzt man ein umgekehrtes Trinkglas mit seiner offenen Mündung auf ein Stückchen Kork, welches auf (in einem weiten und tiefen Gefäſse befindlichem) Wasser schwimmt, und drückt nun das Trinkglas bis zum Boden des Gefäſses hinab, so wird die eingeschlossene Luft sammt dem Kork, im Wasser bis gegen den Gefäſsboden hin bewegt werden.

3) Durch Beschweren leichter Körper mit gewichtigeren laſsen sich auch solche Materien zum Untertauchen und Hinabsinken in Wasser u. s. w. bringen, die für sich darauf schwimmen würden. Man könnte auf diese Weise vielleicht in (mit elastischem Firniſs überzogenen) Blasen enthaltene Gasgemenge, wie auch Gemenge von Tropfbaren und Gasen zur innigsten Berührung und Mischung bringen, indem man sie in schwere Flüssigkeiten (z. B. Salzlösungen) hinabtauchte, oder in oben verschlossenen und unten mit beweglichen Boden versehenen Glascylinden in Tropfbare tief hinabtauchte, wo dann der Boden des Cylinders in denselben — zufolge des Drucks von unten — hinaufgeschoben würde (etwa nach Art der Ventile der sog. Bohrlöffel, welche man beim Ausschöpfen der Soole aus Bohrlöchern anwendet, um Soole von einer bestimmten Tiefe, unterhalb der überstehenden wilden oder süssen Wasser zu schöpfen und zu Tage zu fördern; s. oben S. 287). Mittelst solch einer Vorrichtung würde man z. B. auch bei zu mischenden Flüssigkeiten, bei Lösungen starrer Materien etc. den verschiedenen Gehalt der ungleich tiefen Schichten zu verschiedenen Zeiten bestimmen können.

D) Vom Verhältniſs ausdehnsamer Flüssigkeiten zu ruhenden Tropfbaren und zu festen Körpern.

§. 82.

XII. Versuch. Eine gläserne recht trockene Röhre, die länger ist als 28 paris. Zoll, verschliesse man an dem einen Ende mit einem zuvor in Wachs gekochten, gelinde erwärmten passenden trockenen Korkstöpsel, den man auswendig mit Siegellack überzieht, fülle sie dann mit reinem (ausgekochten) Merkur bis zur Mündung des offenen Endes, halte dieses mit dem Finger zu, kehre so die Röhre um, bringe das zugehaltene Ende mit dem Finger in eine Schaale mit Merkur, und ziehe jetzt, nachdem man die Röhre senkrecht gestellt hat, den Finger unter dem Merkur hervor: das Merkur in der Röhre wird etwas herabfallen, aber bis zu einer Höhe von ohngefähr 28 paris Zoll über der Fläche des Merkur in der Schaale stehen bleiben, und durch dieses Herabsinken, über sich einen (fast) luftentleerten Raum zurück lassen. Vermehrt man die Merkurmenge in der Schaale, so daſs das Niveau des Merkur ausserhalb der Röhre höher wird, oder zieht man die (gehörig enge) Röhre senkrecht aus dem Gefässe; so wird das Merkur, die vorherige Leere ausfüllend, in die Höhe getrieben. Zieht man nach Wegnahme des Siegellacks den Korkstöpsel heraus, so fällt das Merkur in der Röhre augenblicklich so lange, bis es mit dem der Schaale gleiche Höhe hat, oder mit ihm eine horizontale Fläche bildet.

Bemerk. 1) Dieser wichtige Versuch wurde zuerst von Evangelista Torricelli im Jahr 1643 angestellt, um

dadurch die von seinem grossen Lehrer GALILEI behauptete Schwere und den Druck der Luft zu beweisen; vergl. CASP. SCHOTTI Technica curiosa. Herbipol 1664. 4. I. III. S. 192. Die mit dem Merkur versehene Röhre nennt men daher auch die TORRICELLische Röhre (Tubus torricellianus), und die Leere über dem Quecksilber in der Röhre die TORRICELLische Leere (Vacuum toricellianum).

1) Offenbar beruht das Hängenbleiben in der Röhre bis zu jener Höhe von 28″ par., auf dem einseitig wirksamen Luftdruck der umgebenden Atmosphäre; denn wohl vermag die Luft auf das Merkur der Schaale ausserhalb der Röhre, aber nicht auf das in der Röhre zu wirken, wo sie nicht existirt.

3) Die Stärke dieses Luftdrucks (der Spannung), mufs der Stärke des Gegendrucks des in der Röhre 28 Zoll hoch stehenden Merkur gleich sein, mithin gegen jede gegebene Fläche so grofs, als das Gewicht einer Merkursäule von derselben Grundfläche und von der Höhe in der TORRICELLischen Röhre. Bei 28 Zoll Höhe, ist der Druck der Luft gegen einen par. Quadratfufs Fläche = 2225½, auf 1 paris Quadratzoll 15,455 französische Pfunde Bei 28,85 Wiener Zoll oder 0,75 Meter Barometerstand, ist unter einer Breite von 46° die Luft 769,66 Mal leichter als Wasser (von gleicher Wärme). — Die Spannung jedes Gases, ist bedingt 1) durch seine eigenthümliche oder chemische Beschaffenheit, 2) durch seine Dichtigkeit und 3) sowohl durch die einwirkende als auch durch in ihm schon vorhandene Wärme

4) Sind die Ursachen des Luftdrucks veränderlich, so wird es auch der Druck selbst, und mithin auch die Höhe des Merkur in der Röhre sein. Der Erfahrung gemäfs, ist dieses wirklich häufig an einem und demselben Orte der Fall, indem zu Zeiten die Höhe bis auf eine gewisse Grenze grösser oder kleiner wird. Da nun das Merkur in der TORRICELLischen Röhre diese Veränderungen des Luftdrucks (eine Folge der Schwere

und der verschiedenen Elasticität) anzeigt, so nennt man die Torric. Röhre auch Baroscop oder Barometer; und so wie mittelst des Manometers (vgl. §. 78. N. 10.) die Dichtigkeit der Luft gemessen wird, so läfst sich mit dem Barometer auch das Mehr oder Weniger der Elasticität der Luft bestimmen; siehe weiter unten Bem. 6. In sofern als jene Veränderungen theils mit Wetterveränderungen (zunächst mit jenen der Winde) in Zusammenhang stehen, theils von ihnen begleitet werden, nennt man das Barometer auch ein Wetterglas. Beide: Elasticität und Dichtigkeit der Luft, können sich jede für sich aus verschiedenen Gründen merklich ändern, ohne dafs dadurch die eine oder andere zu gleichmässigen Aenderungen bestimmt werde.

5) Um den Luftdruck (der im Freien auch mit der Dichtigkeit im Verhältnisse stehen mufs, woraus sich erklärt, weshalb das Fallen des Merkurs nicht genau den Entfernungen von der Erde oder den Höhen proportional, sondern stets etwas kleiner ist) mittelst des Barometers genau zu messen, müssen bei seiner Verfertigung folgende Regeln beobachtet werden; a) die Glasröhre mufs durchaus von gleichem Durchmesser (am besten 2‴ Weite) seyn, indem in bald engen bald weiten Röhren, theils die genaue Beobachtung des Merkurstandes verhindert, theils das Merkur von den inneren Glaswänden ungleichmässig angezogen wird; vgl. Cap. III. In zu weiten Röhren schleicht sich beim Forttragen eher Luft ein als in die engeren; auch sind sie beim Auskochen des Merkur leichter dem Zerspringen ausgesetzt. b) Das eine Ende der Röhre wird an der Lampe halbkuglich zugeschmolzen; c) das Merkur mufs chemisch rein (aus Aetzsublimat oder Zinnober dargestellt) sein, und d) vor dem Eintragen in die erwärmte Röhre in einer Glasretorte bis zum Sieden erhitzt werden, um es von Feuchtigkeit zu befreien; man läfst es dann noch warm durch eine Druckpapier Tute in die Röhre laufen, erhitzt es hierin nochmals um

durch dieses zweite Auskochen den letzten Rest von Feuchtigkeit und anhängender Luft zu vertreiben. e) Endlich wird die Röhre auf die möglichst ebene Fläche eines Brettes in einer Rinne liegend befestigt, und parallel mit der Merkursäule eine genau in paris. Zolle und Linien abgetheilte Scale auf das Papier gezeichnet, welches dem Brette zum Ueberzuge dient. Ausgekochtes Merkur bewegt sich übrigens (auch in der inwendig möglichst glatten) Torricellischen Röhre, wegen grösserer Adhäsion, etwas langsamer als das nicht ausgekochte, worauf bei Beobachtungen zu merken ist. Zu Beobachtungen kleinerer Theile des Maasstabes der Scale, als die vorhin angegebenen, dient der Nonius oder Vernier. Luz's Vollst. Beschreib. aller bisher bek. Bar. Nürnberg u. Leipzig 1784. 8. u. Voigt's Supplement. Leipz. 1802. Eine Vergleichung des englischen, rheinländischen, pariser und schwedischen Maasstabes, nach denen hin und wieder die Scalen gefunden werden, giebt van Swinden an, vergl. Posit. physic. T. II. S. 107. Bei jeder Beobachtung muſs übrigens das Barometer vollkommen senkrecht hängen, das Auge in einerlei horizontaler Ebene mit der Fläche des Merkur gehalten, und der Merkurstand beim höchsten Punkte seiner Convexität und nicht vom unteren Rande gemessen werden. Um dabei Fehler wegen einer Parallaxe zu meiden, hält man das beobachtende Auge in gleicher Höhe mit der Spitze der Rundung des Merkur.

6) Als Dehnungs- oder Elasticitätsmesser oder Elaterometer für in Gefässe eingeschlossene Gase dient jede in ihrem oberen Theile gasleere, unten nach Art der Torricellischen Röhre in Merkur tauchende oder Merkur haltende Barometerröhre, deren unterer Merkurspiegel nicht von der freien Luft, sondern von dem eingeschlossenen Gase bedeckt ist. Die Höhe der Merkursäule vom Niveau des kürzeren von dem Gas belasteten Schenkels, bis zum oberen Merkurspiegel unter der Leere des gröſseren Schenkels miſst die Dehn-

samkeit des Gases. Mit dem Maaſs der Dehnsamkeit des Gases, ist das seiner Spannung (§. 72. Bem. 11.) übereinstimmend, und wird auf gleiche Weise gefunden.

7) Die ausdehnende Wirkung der Wärme vergrössert bei hoher Temperatur die Barometerhöhe und verkleinert sie bei niederer Temperatur, wenn auch sonst der Luftdruck derselbe ist. Nach DE LÜC (dessen Unters. über die Atmosphäre §. 352—365) nimmt eine 27 Zoll lange Merkursäule vom natürlichen Gefrierpuncte bis zum Siedepuncte des Wassers, um 6 Linien oder um $\frac{1}{54}$ ihrer Länge zu. Jede Vermehrung der Wärme um 1⁰ Fahrenh. bringt mithin das Barometer um $\frac{1}{30}$, und jede Wärmezunahme von 30⁰ Fahrenh. um eine Linie höher. Nenne man den am Thermometer beobachteten Grad k, den auf welchen man die Beobachtung zu reduciren wünscht i, uud die Zahl der Grade des Fundamentalabstandes vom Eispuncte bis zum Siedepuncte (der bei 27 Zoll Bar. Höhe eigentlich nur = 178⁰, nicht 180⁰ gesetzt werden kann) f; so findet man die Berichtigung des Barometerstandes wegen der Wärme (vergl. GEHLENS phys. Wörterb. Barometer) wenn man zur beobachteten Barometerhöhe B noch $\frac{i-k}{54\,f.}$ B hinzusetzt, oder ist i—k negativ, $\frac{i-k}{54\,f}$B davon abzieht. LAVOISIER's und LAPLACE's Versuchen zufolge wird das (bei höheren Temperaturen sich etwas stärker als bei niederen ausdehnende) Merkur in allen Temperaturen, welche die Luft in verschiedenen Zeiten für denselben Ort, oder an verschiedenen Orten und Höhen zu haben pflegt, wenn es um 1⁰ der Centesimalscale (1⁰ C.) erwärmt wird, um $\frac{1}{5412}$ seines Volums ausgedehnt und in demselben Verhältniſs an sich leichter. Zeigt daher das zum Barometer gehörende Thermometer, 1⁰ C, so wird man von der beobachteten Merkurhöhe $\frac{1}{5412}$ und zeigt es 1⁰ R. (d. i. 1⁰ Reaumur) so wird man $\frac{1}{4330}$ abziehen müssen, wenn man die Merkurhöhe auf die Länge der Barometersäule bei 0⁰ C. oder 0⁰ R.

reduciren will. MÜLLER's »mechanisches Barometer« zeigt durch Schieben eines Zeigers auf den Thermomestand, durch Verrückung der Skale des Gefäfsbarometers die nach den erwähnten Verhältnissen berichtigte Barometerhöhe unmittelbar. GILBERT's Ann. V. 17. Die Ausdrücke: Barometerstand, Barometerhöhe, Quecksilber- oder Merkurhöhe, Quecksilber- oder Merkurstand, bezeichnen sämmtlich ein und dasselbe, nemlich den senkrechten Abstand des oberen von dem unteren Merkurspiegel in der Barometerröhre. Dasselbe gilt von den Ausdrücken: Barometer-Veränderung, Steigen und Sinken des Barometers, des Merkurs, indem sie sich ebenfalls auf den veränderlichen senkrechten Stand der Merkursäule beziehen. Da — wie weiter unten Cap. III. gezeigt wird, das laufende Merkur, zufolge der Haarröhrchen Kraft, in einer Glasröhre stets niedriger steht, als in einem weiteren, solche Glasröhre in sich fassendem Gefässe, so mufs dieser Einflufs der Capillarität mit berücksichtigt werden; nach CAVENDISH's Versuchen beträgt derselbe auf den Stand des Merkur in einer Glasröhre bei einer Weite von

6 3/4; 5 1/3; 4 1/2; 4; 3 1/3; 2,8; 2 1/4; 1,7; 1 1/8 pariser Linien.
5; 8; 17; 29; 40; 56; 75; 104; 157 Hundertel

einer pariser Linie; d. h. um soviel steht in der offenen Glasröhre die Spitze der Wölbung des Merkur unter dem Niveau des Merkur im weiteren Gefässe, in das die offene Röhre getaucht worden war. Beim Heberbarometer (und bei dem nach dessen Skale berichtigten Gefäfsbarometer) findet der Fehler wegen der Capillarität nicht statt, weil dieser Einflufs in beiden Schenkeln gleich und entgegengesetzt ist. sich mithin aufhebt. Uebrigens steht das Merkur in der Barometerröhre beim Steigen mit etwas mehr convexer Fläche als beim Fallen.

8) Die ersten von TORRICELLI 1643 und späterhin von PASCAL 1648 angewendeten Barometer (vergl. experiences nouvelles touchans le vuide. Paris 1645 und traité

de l'èquilibre des liqueurs et de la pesanteur de la masse de l'air. Paris 1663.) hatten eine Einrichtung, welche derjenigen im XIIten Versuch gleich kam; da diese aber eine grosse Menge Quecksilber erforderten und nicht bequem transportirt werden konnten, so krümmte man das untere Ende der Röhre wieder aufwärts. Man nennt die so eingerichteten Barometer heberförmige oder Heberbarometer (Baromètre á siphon), und zieht sie mit Recht zu genauen Beobachtungen allen übrigen vor. Die Röhre desselben mufs calibrirt (d. h. auf die Gleichmässigkeit ihres Durchmessers geprüft) seyn, und entweder die ganze Röhre auf und nieder bewegt werden (und dadurch der Merkurspiegel des kürzeren Schenkels jedesmal auf Null geschoben werden) können, oder man mufs von dem, um welches das Merkur in der längeren Röhre gefallen ist, das abziehen, um welches es (vermöge der Herstellung des hydrostatischen Gleichgewichts) in dem kürzeren Schenkel stieg, oder zu dem, um welches es in den längeren Schenkel stieg, das um welches es in den kürzeren fiel, addiren; um jedesmal die wahre Steig- oder Fallhöhe anzugeben. Vergl. DE LUC a. a. O. §. 381.) Um dieser Berichtigung überhoben zu sein, erweiterte man anfänglich den kürzeren Schenkel, und gab ihm eine kugelförmige oder ähnliche Gestalt, damit das in der längeren Röhre herabfallende Merkur, sich in einen um so weiteren Raum ausbreiten und dadurch die Höhe in der Kugel unmerklich vermehren könne; wodurch dann eine eben so unmerkliche hydrostatische Zurückwirkung des Merkur im kürzeren Schenkel auf das Merkur im längeren erfolgen würde. Bei möglichster Weite des kürzeren Schenkels, reichet diese gewöhnlichste Einrichtung der Barometer zu nicht streng wissenschaftlichen Beobachtungen wohl hin; fordert man hingegen genaue Angaben wahrer Barometerhöhen, so müssen die (deshalb auch späterhin wieder gewählten) Heberbarometer angewendet werden.

9) Zu Höhenmessungen (vergl. §. 63. N. 1. u. weiter oben) bedient man sich der Reisebarometer, die ausser den allgemeinen Eigenschaften eines guten Barometers, noch eine Einrichtung haben müssen, der zufolge sie sicher, bequem und ohne Luft eindringen zu lassen von einem Orte zum anderen transportirt werden können. Auch sind sie zweckmässig mit Stativen versehen um sie senkrecht aufzustellen, welches noch ausserdem (so wie auch bei anderen guten Barometern) dadurch vollkommener zu erreichen möglich wird, dafs man das Brett mit einem darin befestigten Pendel versieht. Hieher gehören: Amantons conisches Meerbarometer, mit allmählig abnehmender conischer Röhre, vergl. Remarques et experiences sur la construction d'une clepsydre, sur les Baromètres etc. Paris 1695. 12.; de Lucs Reisebarometer (a. a. O. II. §. 464.); Passements umwundenes Meerbarometer (a. a. O. I. S. 59); Blondeaus Meerbarometer (Licntenbergs Mag. I. 3. S. 80.) Haas's und Hurter's Reisebarometer (Gilberts Annal. IV. 4. S. 456) v. Humboldts Reisebarometer (Gilbert a. a. O. II. 3. S. 321.) Gödekings Reisebarometer (ebendas. S. 324.) Rodigs einfaches R. Bar. (Ebend. IV. 4. S. 445.) Benzenbergs R. Bar. (Ebend. IX. 4. S. 461) Maigne's R. Bar. (Ebend. XV. 4. 461.) u. v. a. Schiegg's und Engelfield's Reisebar. Gilbert's Ann. XXXVIII. 249. Das Verfahren mittelst des Barometers Höhen zu messen, gründet sich auf den bereits in N. 2. dieses §. erläuterten Erfahrungssatz, dafs das Merkur im Barometer desto tiefer sinkt, je schwächer die Luft darauf drückt, der Luftdruck aber je höher je mehr abnimmt. Gewöhnlich nimmt man dabei an, dafs der Barometerstand an der Meeresfläche 28 paris. Zoll sey, und dafs das Bar. um eine Linie falle, wenn man sich um 12,945 Toisen höher begiebt. Mit Hülfe der Rechnung des Unendlichen ergiebt sich dann die (de Lucsche) Regel: dafs der Höhenunterschied zweier Orte in paris. Toisen ausgedrückt = sey, der Differenz der Logarithmen des Barometerstandes an die-

sen beiden Orten multiplicirt mit 60000. Siehe weiter unten Bem. 13. Vergl. PASCAL a. a. O. p. 2. KASTNERS Abhandlung vom Höhenmessen. Göttingen 1775. S. 84. BOUGUER in dem Mem. de Par. 1753. v. HUMBOLDT in GILBERTS Annal. XVI. 4. S. 468. HERON DE VILLEFOSSE ebendas. XXVIII. I. S. 49. — Mehr oder weniger unsicher wird indeſs diese Methode durch die Veränderlichkeit des Luftdrucks an demselben Orte, durch die Schwürigkeit zwei absolut harmonirende Barometer zu erhalten und durch die bereits oben angegebenen allgemeinen Hindernisse der Barometerbeobachtungen.

10) Um geringe Aenderungen des Luftdrucks am Barometer, wie man wähnte möglichst bemerkbar zu machen, hat man verschiedene Künsteleien ersonnen, die indeſs durch Vermehrung der Friction und durch den Uebelstand, den Einfluſs der Temperatur nicht genau berechnen zu können, die Vortheile welche sie zu gewähren scheinen wieder aufheben. Es gehören dahin das nach einem Vorschlage DESCARTES jedoch verbessert ausgeführte Doppelbarometer des HUYGENS (welches HOOK noch mehr vervollkommente, vgl. auch die Bemerk. SCHMIDTS in GILBERTS Annal. XIV. 2. S. 199.) vergl. MUSCHENBROEK introd. §. 2080; das HOOKsche oder DE LA HIRE'sche Doppelbarometer, ebendas. §. 2081; das Radbarometer (Wheelbarometer), ebend. §. 2089; MORLANDS schief liegendes Barometer, ebend. §. 2078; BERNOUILLI's rechtwinkliches Barom. (Barométre à l'Equerre) ebend. §. 2083; WILSONS sehr empfindliches Barometer, vergl. VOIGTS Magaz. V. 3. S. 248. u. s. w. FORTIN's Gefäſsbarometer u. PRONY's Bar. an einer Waage. Man vergl. DE LUC a. a. O. I. S. 17. u. GILBERT's Ann. II. 311. F. LUZ a. a. O. — Ueber MUSCHENBROEKS (diss. phys. Ludg. 1792. 4. S. 673.) u. a. Methode Barometerveränderungen aufzuzeichnen; über CHANGEUXS Barometrograph u. s. w. mündlich. Ueber die Ursachen der Barometerveränderungen in der Folge; einstweilen vergl. man DE LUCS

kritische Untersuch. aller älteren und neueren Hypothesen über die Ursachen der Barometerveränderungen; a. a. O. I. S. 106. ff. Um ein Barometer verletzungslos von einem Orte zum andern zu bringen, neigt man es, bis das Merkur die Leere füllend oben an die Innenfläche des zugeschmolzenen Röhrenendes stöfst, und verschliefst (bei Heberbarometern) den kürzeren Schenkel dergestallt mit einem fest anliegenden Stöpsel, dafs über dem Merkur noch eine Luftblase bleibt, die (z. B. von einer dünnen Buchsbaume -) Holz-Hülle von der äusseren Luft gesondert ist, ohne mit derselben ausser Druckverhältnifs zu kommen; vergl. Schieg a- a. O.

11) Schon aus den früheren Untersuchungen folgte, dafs das Volum eines eingesperrten oder auch mittelbar mit der Luft in Verbindung gesetzten Fluidums, von der Grösse des Luftdrucks bestimmt wird, (nach Mariote's Gesetz im umgekehrten Verhältnisse dieses Druckes steht) man mufs mithin vergleichende Messungen der Volumina solcher Flüssigkeiten bei gleichem Barometerstande vornehmen; oder einen bleibenden Normalstand des Barometers annehmen, für den die Volumina bei jenen Messungen gelten sollen, und durch Correction das beobachtete Vol. auf das für den Normalstand des Bar. zurückbringen. Bezeichnen wir das gemessene Vol. mit V, das daraus zu dem Normalstande b des Bar. zu findende Volumen mit v, den gegenwärtigen Baromerstand mit B, so ist $b : B = V : v$.

12) An den meisten Orten der Erde ist das Merkur der Torricellischen Röhre stets in einiger vielleicht periodischen Bewegung; man sucht daher aus einer Reihe täglicher Beobachtungen an einem Orte, arithmetisch das Mittel seines täglichen tiefsten und höchsten Standes, und entnimmt aus diesen täglichen Mitteln wiederum das jährliche zwischen dem höchsten und tiefsten Puncte, und erhält so den mittleren Barometerstand des Ortes. Folgende Uebersicht enthält einige der wenigen einigermaafsen zuverläfsigen Anga-

ben über die mittleren Barometerstände (sammt zugehörigen Thermometerständen) verschiedener Orte.

Namen der Beobachtungsorte.	Mittlerer Barometerstand.	Mittlerer Thermometerstand.
Berlin	27″ 11‴,8	+ 7,3° R.
Brüssel	27 10,7	7,8
Cambridge	27 10,6	6,5
Delf	28 0,9	6,0
Düsseldorf	27 10,2	8,3
Dijon	27 2,11	8,3
Erfurt	26 6,6	7,2
Genf	26 10,4	8,1
Göttingen	27 6,7	7,7
St. Gotthard	21 9,5	0,8
Ingolstadt	28 1,0	6,0
Kopenhagen	26 9,8	6,4
Manheim	27 9,6	8,2
Marseille	28 0,2	11,9
München	26 5,3	7,1
Middelburg	28 1,2	8,3
Ofen	27 5,9	8,1
Petersburg	28 0,0	2,2
Prag	27 3,9	7,2
Padua	28 1,3	9,3
Peissenberg	24 10,4	4,7
Rochelle	28 1,0	9,2
Rom	27 11,3	12,6
Regensburg	26 11,3	6,6
Sagan	27 9,4	6,0
Stockholm	27 10,7	3,9
Tegernsee	25 9,8	5,8
Würzburg	27 5,4	8,4
Küstengegenden Frankreichs, Italiens Englands. u. von Isle de France	28 2,2	bei einer Temperatur von + 10° R.
	28 1,42	0° R.
An der Meeresfläche unter dem Aequator in Amerika	28 1,8	bei mittlerer Temper. von + 21,6° R.
	und 28 1,02	bei einer Wärme von + 10° R.

Vergl. Schmidt's Naturl. II. 666 u. ff. Gilbert's Ann.

XLIV. 411. Nach BOHNENBERGER's Bestimmungen (TübingerBlätt. I. 3. 326) ist dermittlereBarometerstand am mittelländischen Meere bei 12° R. = 28″ 2‴: an der Nordsee bei 7° R. = 28″ 2‴,2: unter dem Aequator bei 21,6° R. = 28″ 1‴,29 und nach DANGOS ist jener zu Malta bei 17° R. des Barom. u. 16,58° der Luft = 28″ 2‴,08. KANT's phys. Geograph. (herausgeg. von VOLMER) zufolge soll der Unterschied der Barometerstände an Meeresfläche unter dem Aequator und an den Polen auf 1 Zoll paris. anzuschlagen sein, was bei Höhenmessungen mit dem Barometer zu berücksichtigen wäre. Der Grund dieser Erscheinung, liegt theils in der nach dem Aequator zu verminderten Schwere (vgl. §. 60 u. 61.) die einen verminderten Luftdruck zur Folge hat; theils in der grösseren Verdünnung der Luft durch anhaltende gleichförmige Wärme. So steigt auch zu Zeiten atmosphärischer Flut (durch Sonnen- und Mondanziehung vergl. §. 62.), nach den Beobachtungen von HEMMER, PLANER, STEIGLEHNER, CHIMINELLO und CASSAN, das steigende Barometer langsamer und das fallende fällt allmähliger, als zu gewöhnlicher Zeit, oder als zur Zeit atmosphärischer Ebbe.

13) Durchaus genaue Bestimmungen des täglichen höchsten und niedrigsten Barometerstandes sind nur mit Hülfe des sehr zusammengesetzten Barometrographen möglich, da aber die Barometerveränderungen selten so schnell und so häufig als die Thermometerveränderungen erfolgen, und da Vergleichungen des Ganges der Barometeränderungen in gleichen Zeiten vollkommene Uebereinstimmung der Barometer Curven verschiedener Gegenden Europas nachgewiesen haben (s. GILBERT's Ann. XXXIX. 74) so reicht das obenbemerkte Verfahren Behufs der Bestimmung des jährlichen mittleren Barometerstandes vollkommen hin, wenn die zum Grunde liegenden Beobachtungsn nur mit richtigem Instrumenten möglichst genau angestellt wurden. — Uebrigens hat in unseren Gegenden gewöhnlich im Sommer Morgens um 8 Uhr und im Winter Morgens

um 9 Uhr der Barometer seine tägliche mittlere Höhe, so dafs — bei genauer Beobachtung — schon diese täglich einmalige Beobachtung hinsichtlich der Ausmittelung der monathlichen oder jährlichen mittleren Barometerhöhe hinreicht. (Addirt man alle täglichen mittleren Barometerhöhen des Monats, und dividirt dann die Summe durch die Zahl der Beobachtungen, so erhält man den monathlichen mittleren Barometerstand, und dividirt man die Summe aller monathlichen mittleren Barometerhöhen, am Ende des Jahres durch 12, so hat man den jährlichen mittleren Barometerstand; s. oben Bem. 12.)

14) Die zuverläfsigsten barometrischen Höhenmessungen (s. oben Bem. 9.) erhält man nur dann, wenn man nicht einmalige oder einige Mal widerholte Barometer- und Thermometerbeobachtungen beider hinsichtlich ihres senkrechten Höhenunterschiedes verschiedener Orte der Berechung zum Grunde legt, sondern dieselbe auf mehrjährige mittleren Barometer- und Thermometerstand solcher Orte stüzt, und dabei den Einflufs nicht unberücksichtigt läfst, welchen die Veränderung der Erdschwere in der Richtung der Verticale und in der des Meridians bei verschiedenen Entfernungen vom Erdschwerpunkte herbeiführt (indem die Schwere abnimmt, in dem Verhältnifs wie das Quadrat der Entfernung vom Erdmittelpunkte wächst, und indem die Zunahme der Schwere auf einem Ellipsoid vom Aequator nach den Polen hin im Verhältnifs des Quadrats der Sinusse der Breiten steht; §.60.) den Laplace in seiner Méchanique céleste in Rechnung genommen hat. Indefs war bei den meisten bisherigen Höhenmessungen mit dem Barometer ein solcher Grad von Sicherheit in den Grundlagen der Höhenberechungen unausführbar; schon darum, weil für die meisten Beobachtungsorte zuverläfsige Bestimmungen mittlerer Barometerhöhen (mit Berücksichtigungen des örtlichen Witterungseinflufses) abgehen. In Ermangelung dieser Bestimmungen, ist man genöthigt einen allgemeinen

mittleren Barometerstand anzunehmen, denselben gewöhnlich = 28′ oder $0^{m},76$ setzend.

15) Wie bereits Bem. 9. gezeigt wurde gründet die sog. barometrische Regel, d. i. jene, nach welcher aus gleichzeitig beobachteten Barometerhöhen der senkrechte Abstand zweyer in horizontaler Richtung nicht sehr weit von einander entfernter Orte berechnet wird, auf Mariotte's Gesetz, dasselbe — abgesehen von dem in Rechnung zu nehmenden Einflufs der Wärme, der mit der Entfernung aufwärts statthabenden Schwereverminderung, der örtlich bedingten Abänderung in der Luftdichte und der Luftfeuchte — als streng gültig betrachtend, dem zufolge die Barometerstände von dem untersten bis zum obersten Beobachtungsstandpunkte eine abnehmende geometrische Reihe bilden, wenn man von unten nach oben sich begebend, das Barometer auf (zwischen beiden senkrechten Endpunkten liegenden) Standpunkten beobachtet, von denen jeder nachfolgende über den vorigen ebensoweit senkrecht entfernt war, als dieser über den unter ihm liegenden abstand; d. h. wenn die senkrecht von einander abstehenden Beobachtungsstandpunkte eine arithmetische Reihe bilden, und da nun ebenfalls in einem logarithmischen Systeme die zu den Logarithmen gehörenden Zahlen eine geometrische Reihe bilden, wenn die Logarithmen in einer arithmetischen Reihe zunehmen, so verhalten sich, wie Halley zuerst zeigte, die senkrechten Abstände wie die Unterschiede der Logarithmen der Barometerstände. Abgesehen von der wegen des veränderlichen Erdschwere-Einflufses vorzunehmenden Correction (die bei einer nicht über 1000 Toisen hinausgehenden Höhe des zu messenden senkrechten Ortsabstandes und namentlich bei Beobachtungen in Deutschland unnöthig ist) ist Laplace's Formel nach Ramond und Daubuisson (Journal de Physique 1810) der Höhenunterschied (h) beider Orte in paris. Fufsmaafs ausgedrückt (wenn der corrigirte Barometerstand des unteren Standpunktes

durch b, und die zugehörige Temperatur der Luft durch t, der corrigirte Barometerstand des oberen Standpunktes durch b', und die zugehörige Temperatur der Luft durch t' bezeichnet wird) $h = 56448 \cdot (1 + \frac{1}{2} [1 + t'] \cdot 0{,}005) \log \frac{b'}{b}$; vergl. Gilbert's Ann. XXVI. 152 u. 194, wo Gilbert's Bemerkungen über die Entwickelung und Anwendung dieser Formel hinreichend unterrichten. Die hiernach bestimmte Zahl heiſst der barometrische Coefficient, und es beträgt derselbe nach Ramond für die Temperatur von 0° R. = 56448 (nach Daubuisson 56372,5) paris. Fuſs, nach de Luc ist er hingegen bei $16\frac{3}{4}$° R. = 60000 und letzterem zufolge wurde der Höhenunterschied beider Orte gefunden, wenn man beide auf einerlei Temperatur zurückgeführte Barometerstände in gleiche Maaſseinheiten z. B. in Linien ausdrückte, die zu beiden Linien (u. s. w) Zahlen gehörenden Logarithmen aus den logarithmischen Tafeln nahm, den kleineren vom gröſseren abzog, und den Unterschied beider mit 60000 multiplicirte. Dieses gab die Höhe der zwischen beiden Standpunkten senkrecht stehenden Luftsäule bei einer Temperatur von $16\frac{3}{4}$° R. Und da gemeinhin die Abnahme der Luftwärme sich verhält, wie die Zunahme der Höhen, so kann man, ohne merklich zu fehlen, das Mittel aus den Wärmen beider Standpunkte betrachten: als die gleichförmige Wärme der ganzen Luftsäule. Ist dieses Mittel nun kleiner als $16\frac{3}{4}$° R., so zieht man für jeden Grad der mehr niederen Temperatur der Luftsäule von deren berechneten Höhe $\frac{1}{215}$ ab; ist es hingegen gröſser, so setzt man der gefundenen Höhe für jeden Grad $\frac{1}{215}$ zu. (Da aber de Luc nach seiner Art das Thermometer zu beobachten die Ausdehnung der Luft durch die Wärme etwas zu klein und die Normaltemperatur um einige Grade zu hoch nemlich statt 13°4 R. auf $16\frac{3}{4}$° R. setzte, so giebt seine Regel den Höhenunterschied fast um $\frac{1}{50}$ von dem wahrem Höhenunterschiede abweichend an.) Theilen wir den mittleren Barometerstand eines Ortes in Linien ab,

und denken wir uns die senkrechte Höhe der diesem Barometerstande entsprechenden Luftsäule aus so vielen übereinander liegenden Schichten von gleicher Schwere bestehend, als jene Linienzahl beträgt, für 28 Zoll Barometerstand also 28 . 12 = 336, so werden die Dichten der übereinander liegenden Luftschichten (angenommen, dafs in jeder einzelnen Schicht die zugehörige Dichte überall dieselbe und unveränderlich ist) bei einerlei mittlerer Temperatur der ganzen Luftsäule, im Verhältnifs der Zahlen 336,335,334,333 . . . stehen, und hat man durch Versuche die Höhe der untersten Luftschicht und somit die Dichte derselben, ingleichen die des Merkurs bestimmt, so werden sich die Höhen und Dichten aller übrigen Luftschichten berechnen lafsen, gemäfs des hydrostatischen Gesetzes: dafs die Höhen ungleich dichter Flüssigkeiten, wenn dieselben einander über einerlei Grundfläche das Gleichgewicht halten, im umgekehrten Verhältnifs ihrer Dichten stehen (§ 77. Bem. 1.) und dafs sich mithin die Höhe der Luftsäule zu jener der Merkursäule verhält, wie die Dichte des Merkurs zu jener der Luft. Mariotte stützte (1678) hierauf sein in neueren Zeiten von Benzenberg verbessertes und weiter verfolgtes Verfahren barometrischer Messungen, und letzterer berechnete Tafeln, welche die Höhen der Luftschichten von 29,00 Zoll Barometerstand bis zu 23,00″ Barometerst., durch alle Hunderttheile von Zollen hindurch, enthalten, auf gleiche Weise wie Jabbo Oltmanns (Tables barometriques. Par. 1809.) B. v. Lindenau (Tabl. barometriques. Leipz. 1809.) Biot (Tabl. baromet. portatives. Par. 2811.) Englefield (Gilberts Ann. XXXVIII. 249.) d'Aubuisson (a. a. O. 271.) und Horner (a. a. O. XXXIX. 468.) barometrische (hypsometrische) Tafeln für Laplace's und ähnliche Formeln berechneten. Vergl. Benzenberg's Beschr. eines einfachen Reisebarometers, nebst einer Anleit. zur leichteren Berechung der Berghöhen u. s. w. Düsseld. 1810. 8. C. Garthe's Tabellen für barometrische Hö-

henmessungen. Giefsen 1817. — Abgesehen von Wärme-, Feuchte u. s. w. Einfluſs würde hiernach, bei mittlerer Barometerhöhe von 28″, der Barometerstand von 1″ paris. der Höhe von $3\frac{2}{3}$ geograph. Meilen, und jener von 1‴ par. der Höhe von $6\frac{1}{3}$ geogr. Meilen entsprechen, denn 60000 . log. $\frac{28}{1}$ = 86829 par. Fuſs und 60000 . log. $\frac{336}{1}$ = 151580, wie auch obige Tabellen zeigen. (Setzen wir die Dichte der Luft bei 1 Meile Höhe = 14 Zoll Barometerst. also = $\frac{1}{2}$, so würde sie bei 10 Meilen = $(\frac{1}{2})^{10} = \frac{1}{1024}$ sein.

16) Nachstehende Tafel giebt als Anwendung obiger Regeln einige Barometerstände nebst zugehörigen Höhen über Meeresfläche.

Namen des Beobachtungsortes.	Höhe über Meeresfläche in par. Fuss.	Entsprechender mittlerer Barometerstand.	Entsprechend. für sich bestimmter Barometerst.
Wien	470	27″ 8‴,1	
Göttingen (Leine-Spiegel)	560	27 8,1	
Regensburg (Donau-Spiegel)	1037	27 1	
Genf	1170	26 11,3	
Salzburg	1400	26 8,5	
München	1658	26 5,3	
DerPaissenberg inBaiern	3145	24 11,7	
Der Brocken (Harz)	3650		24″ 6‴
DieRiesenkoppe (Schlesien)	4960		23 3,8
DerSt.Gotthard (d. Hospit.)	6650	21 10	
— St.Bernhard (d. Hospit.)	7650		21
— Aetna	10300		18 11,5
— Glockner (Kärnthen)	11900		17 10
— Orteler (Tyrol)	14400		16 2
— Montblanc (Savoyen)	14650		16 0,2
— Chimborago	20150		12 10,4
Gröſste von Gay-Lussac im J. 1804 mit dem Luftballon erreichte Höhe	21600		12 1,77

Vergl. auch Gilbert's Ann. XXVIII. Auch zu Tiefenmessungen (z. B. der Höhlen und Schachte) wird das Barometer benutzt. Eine Uebersicht der übrigen

merkwürdigsten Höhen des Festlandes über Meeresfläche findet man im letzten Cap. dies. Grundr.

17) Nehme die Luftdichte nach dem Innern der Erde in gleicher Verhältnifsfolge zu, wie sie abwärts von der Erde abnimmt, so würde sie — die Dichte des Wassers 800mal gröfser als die der Luft, und die der Platin 20mal gröfser als die des Wassers gesetzt — bei einer Tiefe von 7,6 Meilen (die Meile zu 3807 Tois. gerechnet) die des Wassers, bei $10\frac{1}{2}$ Meilen Tiefe (d. i. noch nicht der 80ste Theil des Erdhalbmessers) die Dichte der Erdoberflächenluft um 16000 Mal, und bei 11,1 Meilen Tiefe die des Platin übertreffen. Das Innere der Erde kann mithin nicht mit Luft erfüllt sein.

18) Denkt man sich nach Biot und Arago die ganze atmosphärische Luft als aus übereinanderliegenden Schichten getheilt (Bem. 16.) deren jede einer Merkursäule von $\frac{1}{100}$ par. Zoll das Gleichgewicht hält, und deren bei 28″ Barometerst. mithin 2800 gegeben wären, so würde den Versuchen der genannten Beobachter zufolge die Höhe der untersten Schicht $\frac{10495}{1200} = 8,747$ par. Fufs und die der zweiten, dritten u. s. w. $8,747 \cdot \frac{2800}{2799}, \frac{2800}{2798}, \frac{2800}{2797} \ldots$) par. Fufs betragen, denn es ist B's u. A's Vers. zufolge die vollkommene trockne Luft von 0^0 R. unter 45^0 Breite, bei 28″ Barometerhöhe 10495 Mal leichter als das Merkur, und hätte sie überall gleiche Dichte, so wurde mithin ihre Höhe, bei 28″ Bar. u. 0^0 R. $= 10495 \cdot 28'' = 24488$ par. Fufs betragen, und eine 72,88 paris. Fufs hohe Säule von eine dergleichen eingeschlossene Luft, würde einer Merkursäule von 1 par. Linie das Gleichgewicht halten. — Die Torriellische Röhre versieht man oben zweckmäfsig mit einem eisernen Hahn; m. Grundzüge S. 226 §. 91. Ueber Gay-Lussac's verbessertes Heberbarometer vergl. Gren's Naturl. 6te Aufl. S. 246.

§. 83

Was vom Merkur in der Torricellischen Röhre rücksichtlich des Luftdruckes gilt, findet auch bei

allen anderen tropfbaren Flüssigkeiten seine Anwendung, und um soviel mal wie diese specifisch leichter als das Merkur sind, werden sie in einer ähnlichen Röhre höher stehen als das Merkur. Wenn das Merkur 27″ bis 28″ Höhe hat, so wird unter gleichen Umständen eine Wassersäule von fast 32′, und eine Weingeistsäule von 42′—45′ vom Luftdrucke getragen; s. m. Grundz. S. 235.

Bemerk. 1) Hieher gehören noch folgende Erscheinungen: das Füllen der Flaschen, Glocken u. s. w. mit Gasen; die Einrichtung und Wirkung des Stechhebers, der Klepsydra, des sogenannten Oelkrugs der Wittwe zu Zarpath, des Zaubertrichters, des intermittirenden oder Zauberbrunnens und des Wasserhammers. In diesem letzteren (gläsernen) fliefst aus einer seiner Höhlungen das darin enthaltene Wasser, durch eine enge Zwischenröhre ungehindert, in Gestalt eines Strales in die andere luftleere Höhlung über. Auch schlägt das durch Luftwiderstand hier nicht gehinderte Wasser, heftig mit klapperndem Geräusche gegen das Glas des Gefässes (vergl. Einleit. § 46. u. s. f.) — Aus einem mit Wasser gefüllten Gefässe mit enger Mündung läuft beim Umkehren nichts heraus; der offene Hahn eines vollen Fasses läfst bei geschlossenem Spundloche nichts herausfliessen; u. m. ä. Erscheinungen. — Pascal's Wasserbarometer.

2) Befindet sich oberhalb des Merkurs, Wassers u. s. w. in der Röhre etwas Luft so werden jene tropfbaren Flüssigkeiten in einer geringeren Höhe von der äusseren Luft getragen werden; die eingeschlossene Luft, wird hingegen beim Fallen des Merkurs verhältnifsmässig ausgedehnt werden.

3) Ist aber eine Portion atmosphärische Luft, für sich oder mit anderen Flüssigkeiten in ein Gefäfs vollkommen eingeschlossen, und alle Communication mit der äusseren Luft aufgehoben, so wird dieser eingeschlos-

sene Theil dennoch als ein Ausdehnsames wirken, dessen Druckgewalt dem Luftdrucke im Freien gleich ist; weil dieser Theil vorher mit der umgebenden Luft im Gleichgewichte und vermöge ihres Gegendrucks bis auf einen gewissen Grad zusammengedrückt war; s. oben §. 82. Bem. 6.

4) Drückt die Luft auf eine liquide Flüssigkeit an zwei verschiedenen Stellen, an der einen durch ihr Gewicht, an der andern, in einem Gefässe eingeschlossen, durch ihre Ausdehnsamkeit, und es wird nun diese letztere eingeschlossene Luftmenge verdünnt, so wird das Gleichgewicht der Luftsäulen aufgehoben; es wird daher die tropfbare Flüssigkeit so lange durch den äusseren Luft druck in das Gefäfs getrieben, bis der senkrechte Druck der aufgestiegenen Säule und die Ausdehnsamkeit der darüber stehenden eingeschlossenen Luft, mit dem Drucke der äusseren Luftsäulen im Gleichgewichte stehen. Hieher gehört das Aufsteigen des Wassers in einem Glase, welches zuvor durch Erhitzung einen Theil seiner Luft verloren und mithin mehr oder weniger verdünnte Luft zurück behalten hat, wenn man es schnell mit seiner Mündung auf einen Teller mit Wasser stürzt; u. m. ähnliche Versuche.

§. 84.

XIII. Versuch. Eine kleine gläserne Handspritze, tauche man mit ihrer Mündung in eine tropfbare Flüssigkeit, und ziehe darauf den Stempel in die Höhe; die Flüssigkeit wird den durch das Aufziehen des Stempels entstandenen leeren Raum ausfüllen, und nach Maasgabe ihrer Dichtigkeit zu einer verschiedenen Höhe in die Röhre der Spritze herauf steigen, und so lange darin hängen bleiben, bis sie entweder durch den nieder gedrückten Stempel, oder nachdem der Stempel ganz aus der Röhre herausgezogen, durch den nun auch von obenher

wieder gleichmässig starken Luftdruck herausgetrieben wird. Ein ähnlicher Erfolg wird eintreten, wenn man bei völlig herausgezogenem und entferntem Stempel, die Luft der Röhre mittelst des Mundes einsaugt.

Bemerk. 1) Hält man eine thönerne Röhre in die Flamme des brennenden Holzes, und saugt die Luft ein, so wird auch die Flamme den Mund erreichen, und bei zu anhaltendem Saugen verletzen — Ferner gehört hieher auch der im vorigen §. N. 4. erwähnte Versuch, so wie das Tabakrauchen, das Saugen der Säuglinge, der Mechanismus des Athmens, Trinkens, die Wirkung der Schröpfköpfe, das Füllen der Blasebälge mit Luft; die Einrichtung der Windöfen; Kirchers Brunnen mit Storch und Schlange; u. s. w.

2) Auch gründet sich hierauf die Wirkung der Saugepumpen (Antliae aspirantes, suctoriae), in welchen nach aufgehobenem Stempel, durch den einseitigen Druck der Luft auf die Fläche des Tropfbarflüssigen, dieses in den Stiefel der Pumpe emporgehoben wird. Jede Pumpe besteht wesentlich aus dem Stiefel (ein hohler Cylinder), dem Kolben oder Stempel (Embolus, ein solider Cylinder von einem Umfange, welcher der Weite des Stiefels fast gleichkommt) der damit verbundenen Kolbenstange (ein starker Stiel um den Kolben zu bewegen) und aus einem Hahn (Epistomium) oder Ventil (Ventilium) um Flüssigkeiten durchzulassen oder zu hemmen. Nähere Erläuterung an einem Modelle. — Die gröfste Höhe, zu welcher durch den äusseren Luftdruck die tropfbare Flüssigkeit in der Pumpe erhoben werden kann, ist gleich derjenigen, in welche dieselbe Flüssigkeit in der Torricellischen Röhre stehen würde. Bei einer Wassersaugpumpe darf daher die Höhe vom Wasserspiegel bis zum höchsten Hebepunct des Kolbens, in den niedrigsten (den gröfsten Luftdruck habenden) Gegenden nicht über 30

Fuſs, an höher liegenden Orten nach Maasgabe des Barometers muſs sie noch geringer sein.

3) Die Pumpen (eine Erfindung der alten Aegyptier) veranlaſsten die Entdeckung des Drucks der Luft; alle durch ihn bewirkten Phänomene, erklärte man sonst aus — einem Abscheu der Natur vor dem leeren Raume (fuga vacui, vergl. Aristotes physicor. lib. 4. cap. 6. seqq. Aurel. 1607. p. 498. Pasbal a. a. O.); bis Galilei und Torricelli durch Beobachtungen und Pascal auf diese Beobachtungen gestützt diesen Wahn gründlich widerlegten. Streitigkeiten über die Schwere der Luft; Wallis u. a. Einwürfe u. s. w. mündlich.

3) Auch feste Körper können durch den einseitigen Druck der Luft in Bewegung gesetzt werden: saugt man z. B. aus einer mit Lebensluft gefüllten Blase die Luft ein, so fällt die Blase zusammen; hieher gehört auch: Robervalls Versuch, oder Pascals Kammer und Guerike's Windbüchse mit verdünnter Luft. Vergl. Tentamina experimentor. natur. capt. in academia del Cimento. S. 29. ff.; und C. Schott a. a. O. L. XI. S. 881.

§. 85.

Bringt man im vorigen Versuch die Mündung der Spritze in eine genau anschliessende, nicht poröse, mit Luft gefüllte Blase, und zieht nun den Stempel in die Höhe, so wird die Luft der Blase sich verdünnend den leer gewordenen Raum der Spritze füllen. Dasselbe wird erfolgen, wenn man den Stiefel einer Saugpumpe, mit einem für die äussere Luft vollkommen verschlossenen Luftbehälter in Verbindung setzt; giebt man dabei zugleich der in den Stiefel tretenden Luft Gelegenheit nach aussen zu entweichen, ohne äussere Luft einzulassen, so folgt, daſs bei wiederholten Pumpenzügen die Luft des Behälters endlich sehr verdünnt werden muſs.

Man nennt eine solche Vorrichtung eine Luftpumpe (Antlia pneumatica), die seit ihrer Erfindung durch Otto von Guerile 1650 (und seit seinen damit in Gegenwart des deutschen Kaisers und mehrerer Fürsten auf dem Reichstage zu Regensburg angestellten Versuchen im J. 1654) mannichfaltige Abänderungen und Verbesserungen erfahren hat.

Bemerk. 1) Vergl. Ottonis de Guerike experimenta nova Magdeburgica de vacuo spatio. Amstel. 1672. Fol. C. Schottii mechanica hydralico - pneumatica. Herbip. 1657. 4. Append. u. Technica curiosa. Herbip. 1664. 4. Als O. v. Guerike 1650 mittelst einer messingenen Handspritze, aus einem übrigens verschlossenen hölzernen Gefäſse Wasser pumpen wollte, um durch Aufsaugen des Wassers in dem Gefäſse einen leeren Raum herzustellen, ward er, da dieses nicht gelang, indem das poröse Holz aussen Luft hineinlieſs, genöthigt, statt dessen eine kupferne Kugel zu nehmen, und indem er nun — mittelst veränderter Spritzeneinrichtung, die Luft selbst heraussog, lieferte er den ersten rohen Anfang seiner Verdünnungs-Luftpumpe Die Verdichtungs-Luftpumpe (Compressionspumpe) war schon früher erfunden.

2) Die nähere Einrichtung und Wirkungsweise an einem Modell und an verschiedenen Luftpumpen selbst. Zu ihren wesentlichen Theilen gehört noch ausser denen bei der Saugepumpe genannten, das vom Stiefelboden ausgehende Verbindungsrohr und der damit verbundene Teller nebst Recipienten; m. Grundz. S.240.

3) Bobert Boyle durch obige Schriften mit dieser Erfindung bekannt gemacht, verbesserte zuerst (in Verbindung mit Dr. Hook) die Luftpumpe und stellte mehrere wichtige Versuche damit an; vergl dessen App. I.; daher nennen auch einige die mit der Luftpumpe hervorzubringende sogenannte Leere die Boylesche Leere, (Vacuum Boyleanum) die aber richtiger Vacuum Guerikianum genannt zu werden verdient.

4) Vollkommen ist die Luftpumpe, wenn sie (vorausgesetzt bei dem was sonst zur Güte derselben gehört) so eingerichtet ist, das die Luft nicht bloſs mittelst derselben verdünnt, sondern auch durch Hineinpumpen äusserer Luft verdichtet werden kann.

5) Ueber die älteren Luftpumpen, die (deutsche) SENGUERDsche, STURM'sche und WOLFische mit Hähnen und schief liegendem Stiefel, die (englische) HAWKSBEEsche mit doppelten Stiefeln und Ventilen und mit LEUPOLDS Verbesserung; die NOLLETsche mit dem früher von PARIN angegebenen Steigbügel und dem Ventil auf dem SENGUERDschen Hahne; die des GRAVESANDE und die SMEATONsche mit den von NAIRNE und BLUNT angebrachten Verbesserungen (vgl. LICHTENBERGS Vorrede zu ERXLEBENS Naturl. 4te Ausg.), und die CUTHBERSONsche Luftpumpe ohne Hähne und ohne Ventile mit Stöpseln und Oelladen zur Vermeidung des schädlichen Raums: vergl. man GEHLERS phys. Wörterb. Art. Luft pumpe. Zu den neueren gehören: BAADERS Quecksilberpumpe (HÜBNERS phys. Tagebuch 1r Jahrg. 4s Vierth. Salzb. 1784. S. 650 u. GRENS Journ. der Phys. B. II. S. 326 ff.), v. MARTINOWICHS Luftpumpe (zur Benutzung d. GUERIK. Leere bei chemischen Versuchen: CRELLS Beiträge zu den chem. Ann. V. 2. S. 131); CAZALET's Wasserluftpumpe und HINDENBURGS Quecksilberpumpe (Antliae nvoae hydraulico - pneumaticae mechanismus et descriptio. Lips. 1787. 4.), SCHRADERS Luftpumpe mit metallenen Kegelventilen (Beschreib. einer neuen und vollkommenen Einrichtung der Luftpumpe. Leips. 1791. 8. u. GRENS Journ. II. S. 357), SADLERS Oelpumpe (GILBERTS Ann. I. 3 S. 352—356), LITTLE's und FORTIER's Luftpumpe (a. a. O. VI. I. S. 1); PRINCE's (Eb. I. 3. S. 357), VAN MARUM's, PARROTS (VOIGTS Mag. III. I. 182.) OTTENYS (Intell. Bl. d. Hall. allg. Literat. Zeit. 1806. N. 145) Verbesserungen und MENDELSOHNS Luftpumpe mit gläsernen Stiefeln und metallenen Kolben ohne Liederung (GILBERSS Annal. XXII. 1. S. 96). VAN MONS Luftpumpe mit glä-

sernen (mit Seife einzuschmierenden) Stiefeln; d. Gewerbsfr. III 211. MARKNOBLE's und GERVINUS Luftpumpe und MUNCKE's Vorschläge VOIGTS Mag. VI. 2. GILBERT's Ann. XLII. 387. WILKE's und BERRETRAY's Luftverdünnungen durch Wasserdämpfe, INGENHOUSZ's und MOROZZO's Verdünnungen durch verlöschende (Luft absorbirende) Kohlen u. s. w. GEHLER a. a. O. und die Registerbände von GILBERTS Ann. — Auch durch Verschluckung des unter Glocken aufgefangenen kohlensauren Gases durch Aetzkalk, desgleichen durch Erhitzung verschliefsbarer (metallener) Hohlgefässe lassen sich Luftverdünnungen bewirken.

6) Die Verdünnung der Luft geht, wenn der Stiefel dem Recipienten im Raume, (nämlich unter dem aufgezogenen Kolben) gleich ist, in der Progression $\frac{1}{2} : \frac{1}{4} : \frac{1}{8} : \frac{1}{16} : \frac{1}{32}$ u. s. w., und ist der Stiefel halb so grofs als der Recipient in der weiter unten S. 355 ff. bemerkten Progression fort; woraus schon folgt, dafs mittelst der Luftpumpe nie eine absolute Leere dargestellt werden kann. Setzen wir die Dichtigkeit der atmosphärischen Luft bei 27 par. Zoll Barometerstand = 1, so dürfte etwa 0,008 die stärkste mittelst Auspumpung darzustellende Luftverdünnung sein. LITTLE (a. a. O.) will indefs mit seiner Luftpumpe eine 26000malige Verdünnung erreicht haben. Bei Luftpumpen mit Hähnen, ist die äusserste Verdünnung in der Regel schwüriger zu erreichen, als bei Ventilpumpen; weil jene stets einen mehr oder minder schädlichen Raum (der bei guten Pumpen nicht über 0,0001 des ganzen inneren Pumpenraumes betragen sollte), zwischen dem Boden des Stiefels und dem Hahne haben; indefs hat man denselben in neueren Pumpen fast ganz zu vermeiden gewufst, und also verbesserte Hahnpumpen sind den Ventilpumpen vorzuziehen. Uebrigens nimmt bei jeder Art von Luftpumpe, die Druckgewalt der äusseren Luft, vermöge welcher sie ununterbrochen bis zur Herstellung des Druckgleichgewichts zum Eindringen in den entleerten Raum getrieben wird, in dem Maase der Verdünnung zu, und kann auch bei den am vorzüglichsten

schliessenden Ventilen und Hähnen nicht ganz vermieden werden; indem stets etwas Luft zwischen ihren Fugen, und durch die Zwischenräume des Kolbens und Stiefels auch bei den möglichst schnell auf einander folgenden Pumpenzügen, in den Raum des Recipienten eindringt. Eine gute Luftpumpe mufs möglichst schnell Verdünnung und gehörige Leichtigkeit zur Anstellung der verschiedenen Versuche gewähren; ihre Kolben müssen ohne grossen Kraftaufwand bewegt werden können, und ihre Einrichtung mufs auf Einfachheit Anspruch machen. Bei Compressionsversuchen wählt man statt der lose aufgesetzten Recipienten solche, die auf das Ende des Luftpumpenhalses luftdicht aufgeschraubt und mit Drathgeflechten umhüllt werden können.

7) Um den Grad von Luftverdünnung zu beurtheilen, hat man verschiedene Proben; dahin gehören: a) die Barometerprobe, die auch bei der stärksten Verdünnung noch immer einigen Luftdruck vom Inneren des Recipienten anzeigt; der theils von wirklich noch vorhandener Luft, theils von entwickelten Dämpfen herrühret. Da sie eigentlich nur die Elasticität des noch übrigen Elastischflüssigen nicht aber seine Menge mifst, so heifst sie richtiger Elasticitätszeiger (Elaterometer). Hieher gehört Mairans Barometre tronqué, aus einem kleinen, unter den Recipienten zu stellenden Heber- oder Gefäfsberometer bestehend, in welchem bei grossen Verdünnungen das Merkur bis auf 60‴, 5⁗ herabfällt, und welches nur zur Messung starker Verdünnungen benutzt werden kann. Die andere Art wurde von Hawksbee zuerst angewendet und besteht aus einem ausserhalb der Pumpe befindlichen über 35″ langen Gefäfsbarometer, welches mit dem oberen Ende seiner Röhre mit dem Recipienten in nur für beide offne Verbindung gesetzt werden kann. Bei fortgesetzten Pumpenzügen steigt das Merkur endlich bis auf 26″ bis 27″, 9 bis 10‴ jedoch ohne die ganze Höhe des Merkurstandes im gewöhnlichen Barometer zu erreichen. Je länger die Röhre über 27″ ist,

um so mehr wird das Uebersteigen des Merkurs in die Pumpe verhindert. Eine dritte Barometerprobe ist die Smeatonsche; sie besteht aus einem Heberbarometer, auf vorhin bemerkte Weise mit der Pumpe verbunden, dessen kürzerer Schenkel länger wie gewöhnlich und entweder zugeschmolzen oder sehr lang (für vierfache Verdichtung schon 84″) ist. b) Die Birnprobe (engl. Peargage) von Smeaton erfunden und zuerst angewendet. Sie besteht aus einer kurzen cylindrischen, calibrirten, oben zugeschmolzenen, mit Merkur gefüllten Glasröhre (deren Durchmesser nicht über 0,5‴ betragen darf), die nach unten birnförmig erweitert, mit ihrem unteren offenen Ende über ein Glas mit Merkur schwebt, und mit einer Scale versehen ist. Nachdem die Verdünnung durch Auspumpen eine Zeit hindurch fortgesetzt, mithin auch die Luft in der Röhre ebenmässig verdünnt worden, drückt man die Birn in das Gefäſs mit dem ausgekochten reinen Merkur (mittelst einer im Recipienten angebrachten Vorrichtung) und läſst jetzt allmählig die äussere Luft in den Recipienten treten. Diese wird die etwa vorhandenen Dünste niederschlagen und das Merkur in die Röhre so weit hinauf treiben, bis die oben in der Röhre übrig bleibende Luft, der äusseren an Dichtigkeit gleich kommt; und dadurch die Möglichkeit gewahren: zu messen, wie viel z. B. Tausendtheile derjenige Luft in der Birnprobe sind, welche sich vor dem Versuche in grösserer Menge daselbst befand. Vergl. Schmidt: über die Mittel die Trüglichder Birnprobe zu vermeiden, in Grens neuem Journ. d. Phys. III 2. S. 150. — Ist der Raumsinhalt des Recipienten doppelt so groſs, als der Raumsinhalt des Stiefels sammt dem des Verbindungsrohrs, so wird durch den ersten Kolbenzug $\frac{1}{3}$ der Luft des Recipienten weggeschaft, beim zweiten Kolbenzug $\frac{1}{3}$ von $\frac{2}{3} = \frac{2}{9}$ und es bleibet nun $\frac{2}{3} - \frac{2}{9} = \frac{6}{9} - \frac{2}{9} = \frac{4}{9}$ übrig; beim dritten Kolbenzuge wird der dritte Theil von $\frac{4}{9} = \frac{4}{27}$ aus dem Recipienten entfernt, und es es bleiben $\frac{4}{9} - \frac{4}{27} = \frac{12}{27} - \frac{4}{27} = \frac{8}{27}$ übrig; hievon wieder $\frac{1}{3} = \frac{8}{81}$ genommen, hin-

terläſst $\frac{8}{27} - \frac{8}{81} = \frac{24}{81} - \frac{8}{81} = \frac{16}{81}$ u. s. f. Die Verdünnung der Luft schreitet also fort wie $1 , \frac{2}{3} : \frac{4}{9} : \frac{8}{27} : \frac{16}{81}$ und mithin wie $1 : \frac{2}{3} : (\frac{2}{3})^2 : (\frac{2}{3})^3 : (\frac{2}{3})^4$. Den allgemeinen Ausdruck für dieses auch auf die Verdichtung anwendbare Gesetz, giebt nachstehende Formel: Ist der Inhalt eines Gefäſses, dessen Luft durch n Kolbenzüge verdünnt worden = V, der des Stiefels = v, so ist die zu bestimmende Verdünnung $x = (\frac{V + v}{V})$ n und bei der Verdichtung $x = (\frac{V + n\,v}{V})$.

8) Um Verdichtungen der Luft zu messen, kann theils eine sehr lange Torricellische Röhre, theils der von Cuthberson (Gilberts Annal. XXX. Bd. 3. S. 285.) angegebene Verdichtungsmesser dienen, d. i. eine gebogene doppelt heberförmige Röhre, deren kürzerer Schenkel nochmals umgebogen senkrecht in die Höhe steigt, in welchem Merkur die Luft sperrt, und dessen Scale angiebt, wie viel mal die Luft im Inneren des Recipienten verdichtet ist. Nach Lesslie (a. a. O. S. 260) bestimmt man die Dichtigkeiten oder specifischen Gewichte elastischer Flüssigkeiten indem man eine Blase voll Gas, vermittelst einer Röhre und eines Hahns von sehr feiner Durchbohrung mit einer Glocke voll Wasser in Verbindung setzt, die sich auf einer sehr weiten pneumatischen Wanne befindet. Oeffnet man den Hahn, so strömt das Gas aus der Blase in den Recipienten; man bemerkt für jedes Gas die Zeit, welche erfordert wird, bis das Wasser in der Glocke bis zu einem gegebenen Puncte herabgesunken ist. Die specifischen Gewichte der verschiedenen Gase, werden sich verhalten wie die Quadrate der dazu nöthigen Zeiten. — Mit dieser Methode vergl. man §. 78. N. 10. u. s. w.

9) Mit der Luftpumpe anzustellende Versuche. I. Zur Erläuterung früherer Untersuchungen: a) zur Lehre von der Porosität und von den umschwebenden Atmosphären der Körper (vgl. §. 24. N. 68. N. 2. b. §. 71. N. 5. §. 72. N. 2.): Holz

welches durch angehängtes Blei im Wasser zum Sinken gebracht ist, Metalle, Steine, Eier u. s. w. unter Wasser, entwickeln in der Guerikeschen Leere eine Menge von Luftblasen; Wasser oder Merkur werden durch den äusseren Luftdruck durch nicht zu dickes Holz getrieben, wenn dieses einen Recipienten schliefst, dessen Luftgestalt gehörig verdünnt wurde (dieser Versuch führte zur Erfindung der Kastner'schen Seihpumpe und dadurch zu jener der Rommershausenschen Luftpresse). b) zu §. 32. N. 2.: in tropfbaren Flüssigkeiten gelöste oder mit weichen Massen verbundene Luftarten, entwickeln sich auch in der Leere in Gestalt zahlreicher kleiner Bläschen; vorzüglich zeigen dieses Milch, Bier, Seifenwasser, Champagner Wein, Sauerteig — mit verdünnter Schwefelsäure übergossene Eisen- oder Zinkfeile (wo der im Wasser befindliche Wasserstoff, der mit demselben Wasserstoffwassser darstellte, gasig schäumend entweicht) die Zersetzung des künstlichen kohlensauren Wassers, des Thenardschen Sauerstoffwassers und des von mir (mittelst Zerlegung des in Wasser gelösten Schwefelwasserstoffs, durch eingelegtes Metall) dargestellten Wasserstoffwassers, u. s. w. c) zur Lehre von der oscillirenden Bewegung oder vom Schall §. 46. N. 2.): der Klang einer Glocke die in der Guerikeschen Leere steht, wird nicht mehr gehört; der Schall eines Schlagwerks z. B. einer Repetiruhr verschwindet endlich fast ganz. d) zur Lehre vom Widerstande der Luft beim Falle der Körper (§. 48. N. 3. u. §. 59. N. 15.) ein Goldstück und eine Pflaumfeder fallen in der Leere in gleicher Zeit nieder; ein Pendel schwingt in der Leere gleichmässiger und länger; über mehrere hieher gehörige Vers. s. m. Grundzüge S. 242. ff.

II. Zur Erläuterung bisheriger Untersuchungen dieses II. Cap.: a) zu §. 71. N. 3. u. §. 72. N. 3.: die Abtröflung erfolgt schneller in der Leere als in der ge-

wöhnlichen Luft und Tropfenbildung findet bei vielen veränderlich elastischen Flüssigkeiten in der Leere gar nicht statt; sondern es wird vielmehr darin (nur mässig erwärmtes) Wasser zum Sieden gebracht, dasselbe erfolgt bei Naptha und Weingeist. Kaltes Wasser wird unter gleichen Umständen in vollkommen durchsichtigen Dampf gewandelt; hinzugelassene äussere Luft schlägt den Dampf zu Dunst nieder und bringt ihn endlich zur Tropfengestalt zurück. b) von Luft entleertes Holz sinkt im Wasser unter. c) Fallen und Steigen des Merkurs in der Barometerröhre, bei den Barometerproben und bei der Birnprobe, nach Massgabe der Luftverdünnung oder Zulassung der äusseren Luft. d) Befindet sich zwischen dem inneren mehr elastischen und dem äusseren minder elastischen Flüssigem: ein liquider Körper z. B. Wasser, so wird er herausgetrieben; hieher gehören der Heronsball (Pila Heronis, nach Heron von Alexandrien benannt) der auch unter dem Recipienten der Luftpumpe springt, der Heronsbrunnen (Fons Heron.), die magische Tonne; über eine Anwendung dieser Einrichtung bei Grubenbergwerken, dargestellt in der Höllschen sog. Luft-Maschine im Amalienschacht zu Schemnitz zur Förderung der Grubenwasser, vergl. Nic. Poda: Beschreibung der bei dem Bergbau zu Schemnitz in Niederungarn errichteten Maschinen. Prag. 1771. 8. — Es wurde diese Maschine vom Oberkunstmeister Höll zu Schemnitz in Ungarn 1753 erfunden, um das Grubenwasser aus dem Tiefsten des Bergwerks auf den Stollen anzuheben; Vergl. Resener in Gilbert's Ann. XLIII. St. 4. Auf ähnliche Weise wie in dieser Luftmaschine, haben Goodewyne, Close, Trouville, Resener, Mannury das mit der unten entweichenden verdichteten Luft vermischte Grubenwasser zu beträchtlicheren Höhen gehoben, als es lediglich gemäſs der Druckhöhe des Aufschlagwasssrs hätte gehoben werden können; vergl. a. a. O. St. 2. und oben S. 350.

dieses Grundrifses). Ist im vorigen Falle statt des Liquiden ein fester Körper gegeben, so wird er herausgeworfen: der genau passende aber kurze Stöpsel eines weiten Metall- (oder starken Glas-) Cylinders, wird, unter den Recipienten gestellt, bei gehöriger Verdünnung der umgebenden Luft, herausgetrieben; dasselbe erfolgt, wenn die innere Luft des Cylinders stark comprimirt war, in der gewöhnlichen atmosphärischen Luft; hieher gehört die Windbüchse. f) eine dünne über einen Metallcylinder gespannte Kalbs- oder Schweinblase, wird durch den äusseren Luftdruck mit starken Knall zersprengt (aufliegendes Wasser wird durchgetrieben); eben so wird eine Glasplatte zersprengt. g) der Recipient steht nach vorgenommener Auspumpung unbeweglich fest. h) zwei magdeburgische Halbkugeln von Messing von etwa 3—4 Zoll Durchmesser von Luft entleert hängen stark zusammen. i) eine schlaffe, fest gebundünne Blase, die noch etwas atmosphärische Luft enthält, schwellt auf, in dem Maafse wie umher (unter dem Recipienten) die Luft verdünnt wird. k) Cartesianischen Täucherchen, welche an freier Luft im Wasser sinken, schwimmen bei verdünnter Luft. l) aus einem im Wasser stehenden Gefässe mit enger Mündung, tritt die Luft beim Auspumpen hervor, und die äussere hinzugelassene Luft, drückt darauf das Wasser in das Gefäfs hinein.

III. Zur Erläuterung noch folgender Untersuchungen. a) Ein mit Merkur gefüllter Heber, dessen höchster Punct höchstens 2 Zoll über dem Merkurspiegel steht, hört auf zu laufen, wenn die Luft so weit verdünnt ist, dafs sie eine Merkursäule von dieser Höhe nicht mehr tragen kann. b) bei der Umwandelung des Wassers in Dampf (vergl. B. a oben) erzeugt sich Kälte, und bei der Niederschlagung des Dampfes Wärme, wie dieses ein empfindliches Luftthermometer nachweiset. Es sind diese Thermometerveränderungen den Veränderungen der Dichtigkeit der Luft proportional;

wird hingegen ein vollkommen luftleerer Raum (z. B. die TORRICELLIsche Leere) plötzlich vergrössert oder verkleinert, so erfolgt nach GAY-LUSSAC (vergl. GILBERT a. a. O. XXX. 3. S. 259) gar keine Temperaturveränderung. Nach demselben Beobachter, entstehen unter ganz gleichen Umständen, durch Veränderung des Volums der Gase, desto grössere Temperaturveränderungen, je kleiner das specifische Gewicht des Gases ist. Sie sind geringer beim kohlensauren Gase als beim Sauerstoffgas; bei diesem geringer als in der atmosphärischen Luft, und am gröſsten beim Wasserstoffgase. Setzt man nach G. L. zwei rings umschlossene Räume, deren einer leer, der andere mit einem Gase gefüllt ist, mit einander in Verbindung so sind die Temperaturveränderungen, welche in beiden entstehen, der Grösse nach gleich (Vergl. a. a. O. S. 266). c) ein unter dem Recipienten befindliches Thermometer, nimmt nach DE LUC (Neue Ideen über Metereologie Bd. I. S. 115) an den äusseren Veränderungen der Temperatur Antheil. Die Fortpflanzung der Wärme durch die Leere, haben auch die Beobachtungen eines BAUMÉ, PICTET und RUMFORD bestätigt. d) der electrische Funke verbreitet sich in der G. Leere schneller und stärker, und erscheint gewöhnlich mit einem röthlichen oder rothen Lichte. Hieher gehört auch das Leuchten des Merkurs in der TORRICELLischen Leere. e) nach v. HUMBOLDT und RITTER isolirt der leere Raum die GALVANische Thätigkeit und nach DAVY (GILBERT a. a. O. VIII. 1. S. 6) hört darin alle Wirkung der. GALV. Säule auf. f) eine brennende Kerze verlischt in der G. Leere; und g) warmblütige Thiere sterben schnell in der verdünnten Luft. — Uebrigens benutzt man die (hiezu mit einem besondesen Recipienten versehene) Luftpumpe um feine anatomische Präparate mit laufendes Merkur oder mit geschmolzener Injectionsmasse dadurch zu füllen, daſs man die in einem solchen Präparat

enthaltene, oder die dasselbe zunächst umgebende Luft durch Auspumpen verdünnt, so daſs nun die Injectionsmasse durch den einseitigen Druck der freien Luft in die Gefäſse getrieben wird. Auch zur Erzeugung künstlichen Eises, zur Verdunstung (z. B. einzudickender Extrarte) und zur Erleichterung des Destillationsprocesses hat man Verdünnungsluftpumpen angewendet; d. Gewerbsfr. III. S. 18 ff. 25 ff. Ueber die Einrichtung m. Blasebalgs mit zwey Ventilen; ebendas. S. 28. — Um in der Leere die Verdunstung zu bescheunigen und um des anhaltenden Auspumpens überhoben zu sein, setzt man Gefäſse mit Schwefelsäure, oder mit salzsauren Kalk u. s. w. neben dem die Flüssigkeit enthaltenden Gefäſse, damit der entstehende Dampf sogleich eingesogen werde. — Die durch Verdunstung des rectificierten Aethers erzeugte Kälte, reicht bei schneller Entpumpung hin, Merkur zum Erstarren zu bringen; vergl. meine Grundzüge S. 242 u. s. f. Regnault will die atmosph. Luft bis zum 100fachen und Hales und Richmann wollten sie bis zum 300 fachen verdichtet haben; Northmore (s. weiter unten) trieb die Verdichtung der Gase nur bis auf das 18fache der atmosph. Luft.

10) Zusammen gedrückte Luft widersteht endlich jeder andringenden, den Druck vergrössernden Gewalt. Beispiele gewähren: wohlgeölte Stempel, die man in den am entgegengesetzten Ende verschlossenen Pumpenstiefel schiebt, der Cartesiansche Taucher, das Springen der Windbüchsen bei zu weit getriebener Einpumpung, die sogenannten Bällerbüchsen und die Blaserohre, die Wirkung des Knallpulvers, des eingeschlossenen oder in grossen Massen angehäuften Schieſspulvers, die Explosionen des Knallgolds, Knallmerkur, Knallsilbers, der oxychlorsauren Alcalien mit Inflammabilien, des salpetersauren Silbers mit Phosphor und alle detonirenden Gemische; der Gebrauch der Handspritzen, die Feuerspritzen und der Nutzen des Windkessels,

die gewöhnlichen Compressionspumpen, der Heronsball mit verdichteter Luft u. s. w. Auch die veränderlich elastischen Flüssigkeiten, widerstehn dem ferneren Drucke, wenn sie in einer gehörig hohen Temperatur erhalten werden, bis auf einen gewissen Grad; z. B. CHAPTALS Dampfbleiche, die Einrichtung der Dampfmaschinen, die Einrichtung und Wirkung des PAPINIANischen Topfes (VAN MARUMS Verbesserung desselben, Knochenbouillon) u. s. w.; die heissen Quellen auf Island (so wie vielleicht die meisten) scheinen hingegen zu zeigen, dafs bei unverhältnifsmässig grossem Drucke, auch der vollkommenste Wasserdampf tropfbar wird, woraus zum Theil die hohe Temperatur dieser Quellen abzuleiten ist. — Vergl. Ueber die Erfindungen, durch Dampf und andere neue Mittel Schiffe in Bewegung zu setzen. Ein Auszug aus dem Engl. des ROB. BUCHANAN übersetzt von C. IKEN. Bremen 1817. 8. Zur Bestimmung der Wirkung eines Schwungrades der Dampfmaschine kann folgender Ausdruck dienen:

$$p = \frac{729512{,}5 \,.\, m}{(d \,.\, n)^2}$$

wo m die Anzahl der Pferdekräfte bedeutet, (nach welcher die Stärke der Dampfmaschine beurtheilt wird) d den Durchmesser des Schwungringes in englischem Fufsmass und n die Anzahl von Umläufen des Schwungringes in einer Zeitminute, p aber als das Gewicht des Schwungrades in englischen Centnern er halten wird. Hiernach findet sich das Gewicht eines Schwungrades, vom Durchmesser $d = 18$ Fufs bei $n = 22$ Umläuffen, in der Minute für eine $m = 20$ Pferdekräfte starke Dampfmaschine, d. i. $p = 93{,}041$ Centner.

11) Werden hingegen Gase mit Körpern zusammengedrückt, zu welchen sie durch den Druck (vermöge der innigeren Berührung und grösseren Massenanhäufung) wachsende chemische Anziehung besitzen, so wird die Gasform überwunden, und durch die eintretende Verbindung aufgehoben. Hieher gehören verschiedene

Operationen der Alchemisten, sonst undurchdringliche und unauflösliche feste Körper mit dampfförmigen, in hermetisch versiegelten (zugeschmolzenen) Gefässen zu mischen; ferner: die Einrichtung und Wirkung der pneumatischen Feuerzeuge (vergl. Gilberts Annal. XVIII, 240 u. 407.; ebendas. XXV, 118 u. XXX. 268 ff.); Biots Wassererzeugungsversuch durch Compression des Sauer- und Wasserstoffgas; Northmore's Versuche u. s. w. (vgl. Gilbert's Ann. XXX. S. 283 ff.). Oftmals ist auch die chemische Anziehung allein hinreichend die Luftform aufzuheben; dahin gehören alle Oxydationen in Sauerstoffreichen Luftarten, die Verschluckungen der meisten elastischen Flüssigkeiten durch frisch ausgeglühte Holzkohle etc. Wärme (z.B. das Anschwellen der lufthaltigen fest zugebundene Blasen in der Nähe eines heissen Ofens) und Electricität erhöhen hingegen die Ausdehnung und Elasticität der Gase.

12) Dafs specifisch leichtere Lüfte oder Dämpfe in schwereren aufsteigen, und selbst Körper mit in die Höhe nehmen können, die für sich schwerer als das tragende Fluidum sind, wenn sie mit ihnen in dem Maase verbunden werden, dafs die mittlere Dichtigkeit beider Materien geringer ist, als die Dichtigkeit der tragenden Flüssigkeit, folgt schon aus §. 27. N. 1, 2, 5. §. 77. §. 78. N. 11. §. 80. u. 81. Hieher gehören ausser den schon in den cit. Stellen angeführten Erscheinungen, die Einrichtungen und das Steigen der Aerostaten, welche Luftballons heissen, wenn sie eine abgerundete Gestalt haben. Versuche hierüber mit einem kleinen Ballon; nähere Beschreibung ihrer Verfertigung und Zurichtung, Vorsichtigkeitsregeln beim Füllen, beim Aufsteigen, Sinken, willkührliche Bewegungen in höheren Regionen; über Roziers und d'Arlandes (den 21. Nov. 1783). Charles, Blanchards, Robertsons, Jungnitz's, Gay-Lusacs und des kühnen Zambeccari's (mit Montgolfieren mit brennenden Weingeistlampen veranstalteten unglücklichen) u. m. a. Luftrei-

sen; über den Nutzen des von Blanchard 1787 erfundenen Fallschirms (Parachute; vergl. §. 40. N. 4.) etc. mündlich.

13) Schon in C. Schotts Werken findet man Vorschläge zum Luftballon und zu der Kunst in der Luft zu schiffen (vergl. dessen Magia hydrostatica Lib. V.); ausserdem haben darüber Mendoza, Albertus Saxonius und der Pater Franz Lana (prodromo dell' arte maestra. Brescia 1670. Fol.), vor der Erfindung der Gebrüder Stephan und Joseph Montgolfier (Papierfabrikanten zu Annonoy in Vivarois) geschrieben. Lana schlug eine grosse dünnblechige kupferne Kugel zum Ballon vor, sein Vorschlag war unausführbar; die beiden Montgolfier stellten endlich 1782 im August den ersten Luftballon, eine sogenannte Montgolfiere dar. Er hatte unten eine Oeffnung, unter welcher ein blechernes Kohlbecken mit brennendem Stroh, geöltem Papier u. s. w. hieng, wodurch die Luft des Ballons erwärmt und hinreichend ausgedehnt wurde, um den ganzen Apparat in die Höhe zu schnellen. Charles zu Paris und die Gebrüder Robert füllten den 27. August 1783 zuerst, vollkommen verschliefsbare Luftballons (von Taffent mit Firnifs aus elastischen Harz überzogen) mit brennbarer Luft (Wasserstoffgas das im reinen Zustande wenigstens $13\frac{1}{2}$ leichter ist, als eine gleichem Drucke unterliegende und gleich warme atmosphärische Luft). Luftballons dieser Art nennen Einige auch: Charlieren; Blanchard flog in Begleitung des Dr. Jeffries den 7. Jan. 1785 von Dover nach Calais binnen 2 Stunden 32 Min. Das beste Wasserstoffgas zu diesen Füllungen, ist das aus dem (über glühendes Eisen geleiteten) Wasserdampf gewonnene, und wirklich machte man vor 25 Jahren in Frankreich im Grossen von dieser Art des Wasserstoffgases zu obigem Zwecke Gebrauch. Das gewöhnlich angewendete, mittelst Eisen oder Zink und verdünnter Schwefel- oder Salzsäure entwickelte Wasserstoffgas, mufs vor dem Füllen gehörig von anhängenden sauren,

den Ballon zerfressenden Theilen durch Waschen befreiet werden; und die Füllung darf bei vorzunehmenden Luftreisen nie vollkommen statt finden, sondern es muſs vielmehr der noch etwas schlaffe Ballon eine beträchtliche Höhe zu steigen im Stande sein, damit in den sehr dünnen Luftschichten der höheren Regionen der Ballon nicht zerreisse; in dem bei vermindertem Luftdruck, das innere Gas sich mit dem äusseren Luftdrucke ins Gleichgewicht zu stellen strebt. Vergl. Tib. Cavallo: Geschichte der Aerostatik. Aus d. Engl. übers. Leipz. 1786) Garnerin stieg den 19ten August 1809 Abends 10 Uhr mit einem mit brennenden Lampen umhangenen Ballon zu Paris auf, und landete am andern Morgen 7 Uhr bei Aachen. Ueber Biot und Gay-Lussac's und Sacharow's wissenschaftliche Luftreisen; vergl. Gilbert's Ann. XX. Es sei das Gewicht eines dem Ballon gleichkommenden Volums ohnfern der Erdoberfläche befindlicher atmosphärischer Luft = a paris. Pfunde, das des Gases im Ballon = m Mal geringer, jenes der Ballonhülle sammt des Ballastes = b paris. Pfd., so wird der gefüllte Ballon von der Erde aufsteigen mit einer Kraft von $(m - \frac{1}{m}) \cdot a - b$ paris. Pfunde. Erreichte hiebei der Ballon eine Luftschicht, welche x Mal dünner als jene die Erdoberfläche zu nächst begrenzende wäre, so würde seine Steigkraft sein $= \frac{m-1}{m} \cdot \frac{a}{x} - b$; vergl. Gilbert's Ann. XVI. 60. ff.

14) Die Zunahme des Widerstandes der Luft gegen fallende Körper ist grösser als deren Geschwindigkeit, darum sehen wir sehr schnell bewegte schwere Körper (z. B. abgeschossene Kugeln) mehr von dem für leere Medien berechneten Gesetzen des Wurfes abweichen, als dieses bei ursprünglich langsamer bewegten geworfenen Massen der Fall ist; vgl. auch §. 38. Bem. 3. ff. Wegnahme oder Verminderung des Luftwiderstandes läſst im Wasser- oder Pulshammer tropfbare Flüssigkeiten mit

ihrer ganzen Masse auf einmal anschlagen, ohne nach und nach gegen die Glaswände zu fallen.

§. 86.

XIV. Vers. Eine an beiden Enden offene (von der Art wie im IX. Vers. §. 76 angewendete) gebogene gläserne Röhre, werde mit Wasser gefüllt, mit den Fingern an beiden Mündungen verschlossen und so mit dem kürzeren Schenkel in eine Schaale mit Wasser gebracht; entfernt man jetzt die Finger, so wird das Wasser so lange in den kürzeren Schenkel hinaufsteigen und aus dem längeren herausfliessen, als noch die Mündung des ersteren Schenkels in das Wasser der Schaale taucht. Man nennt eine solche Vorrichtung einen Heber (Sypho), und statt die Röhre durch Eingiessen zu füllen, kann man ihn durch Saugen zum Fliessen bringen, namlich wenn man den kürzeren Schenkel der leeren (lufthaltigen) Röhre ins Wasser taucht, und nun an der Mündung des längeren Schenkels die Luft der Röhre einsaugt. Der auf die Wasserfläche wirkende Luftdruck, wird das Wasser in die Röhre treiben; und da hier wie zuvor die Luft auf einerlei tropfbare Flüssigkeit ungleich drückt, indem die grössere Flüssigkeitssäule des längeren Schenkels den bei ihrer Mündung gegen sie gerichteten Luftdruck leichter aufhebt, als die kleinere Flüssigkeitssäule des kürzeren eingetauchten Schenkels (deren Höhe nur von dem Wasserspiegel an zu rechnen ist); so wird die tropfbare Flüssigkeit nach dem längeren Schenkel, als nach derjenigen Gegend hin fliessen, wo sie geringeren Luftdruck erleidet (d. h. wo die grössere Länge der Flüssigkeitssäule des längeren Schenkels

einem grösseren Theile des Drucks der auflastenden Luftsäule das Gleichgewicht hält, als dieses von Seiten des Flüssigem im kürzeren Schenkel der Fall ist; vergl. m. Grundzüge S. 256 u. ff.).

Bemerk. 1) Ist der kürzere Schenkel dieses gemeinen Hebers mit einer specifisch-schwereren Flüssigkeit, der längere mit einer specifisch leichteren gefüllt, und ist das Verhältnifs des specifischen Gewichts der ersteren Flüssigkeit zu dem der letzteren grösser, als das Verhältnifs der senkrechten Höhe von dem längeren zu der des kürzeren Schenkels: so wird, wenn beide Mündungen geöffnet werden, der Ausflufs nicht aus dem längeren sondern aus dem kürzeren Schenkel Statt finden. Giefst man in obigem Versuch statt des Wassers Merkur, also eine specifisch schwerere Flüssigkeit in die Schaale, während der mit Wasser gefüllte Heber mit seinen kürzeren Schenkel eintaucht, so wird das Wasser aus dem längeren Schenkel zu fliessen aufhören, sobald der senkrechte Druck der in dem kürzeren Schenkel hinaufgestiegenen Merkurwassersäule zusammen, dem Drucke der leichteren Wassersäule des längeren Schenkels gleich ist. Eben so hört auch der Heber zu fliessen auf, wenn beide Schenkel, vom Wasserspiegel des eintauchenden angerechnet, gleich lang sind; oder wenn sich der kürzere Schenkel ausserhalb der Schaale befindet, oder endlich wenn der eintauchende kürzere Schenkel länger ist, als die Höhe, bei welcher die durch den Heber zum Fliessen zu bringende Flüssigkeit in der Torricellischen Röhre durch den Luftdruck erhalten werden könnte.

2) Sind beide Schenkel des Hebers gleich lang, und taucht der eine in das Wasser der Schaale, so wird dieser Schenkel dadurch respective um so viel verkürzt, als er tief eintaucht, und der Heber fliefst auf gewöhnliche Weise. Man nennt einen solchen Heber, den Wirtembergischen; weil ein Bürger zu Stuttgard,

Joh. Jordan an ihm zuerst bemerkte, dafs er Wasser aus einem Gefässe ins andere hin und wieder leiten könne, je nachdem der eine Wasserspiegel höher als der andere liegt. Vergl. Salomon Reisel Sipho Wirtembergicus per majora experimenta firmatus. Stuttgard 1690. 4. Auch brauchen die Schenkel gerade nicht rechtwinklig gebogen zu sein, sondern es kann vielmehr das horizontal laufende Rohr zwischen beiden Schenkeln ganz wegfallen, und beide können divergirend auseinander gehen und so einen stumpfen Winkel einschliessen. — Ist bei dem Wirtembergischen Heber die Einrichtung getroffen, dafs mehrere Schenkel einen mittleren umgeben, mit dem sie alle Gemeinschaft haben, so nennt man dieses die fracterna caritas, und ist bei irgend einem fliessenden Heber, die Mündung des ausfliessenden Schenkels aufwärts gebogen, so entsteht ein hydrostatischer Springbrunnen.

3) Mit verändertem Luftdrucke ändert sich auch die Höhe des Wasserstandes im Wasserbarometer, und in jeder heberförmigen Vorrichtung. Von solchem Einflusse des veränderlichen Luftdrucks zeugen auch die sehr ungleichen Ströhmungen der keine Ebbe und Fluth habenden Ostsee, des Caspischen Meeres, die sog. Seiches im Genfer See so wie auch minder stark die in andere Seen u.s.w., desgleichen die unregelmäfsig eintretende Fluth der Schiffgräben (Canäle) Häfen, Strohmmündungen u. s. w. Gilbert's Ann. XXXIII. 214. 339. 356. 407. — Im Hydräolus (Mannury's u. Dectot's Syphon intermittent; Gilbert's Ann. XLIII. 157) wird das durch Saugen zum Ansteigen gebrachte Wasser (durch eine besondere Vorrichtung) während des Ansteigens gleichförmig und innigst mit Luft gemengt und dadurch um soviel specifisch leichter gemacht, dafs es höher als 31 oder 32 Schuh gehoben werden kann.

4) Hieher gehören noch: die Wirkung einiger natürlicher Brunnen und Landseen, die sich von Wasser entleeren, wenn es darin bis zu einer gewissen Höhe gestiegen ist; z. B. der Cirknitzer See in Krain,

der Wasserabfluſs in den Mansfelder Kalkschlotten, der Bauerngraben im Stollberg'schen, die sog. Hungerquellen. Vergl. Muschenbroek a. a. O. T. II. §. 2100; die Einrichtung und Wirkung von Sieglings pharmaceutischen Heber; vergl. Trommsdorffs Journ. der Pharmacie. VI. I. 3, des künstlichen Tantalus, Vexierbechers, des Diabetes und des Kircherschen Hebers, vergl. Muschenbroek a. a. O. und Wolffs nützliche Vers. Th. III. S. 576. §. 126. — Porta's Vorschlag, durch Heber das Wasser über Berge zu führen (Pneumaticor. III. c. 1.), wozu sich der Stoſsheber besser qualificirt. Die gemauerten Heber (z. B. des Kanals von Languedoc) welche das Ueberfliefsen der längs Bergabhängen laufenden Kanäle, dadurch verhüthen, daſs sie dieselben entleeren, wenn das Wasser (wie im Vexierbecher) den höchsten Punkt erreicht hat. Die Einrichtung des van Marumschen Gasometers, vergl. Grens Journ. d. Phys. V. 154 etc.; die Wirkung des unterbrochenen Hebers, Kirchers Brunnen etc. vgl. oben.; m. Grundz. a. a. O.

E) Vom Verhältniſs flüssiger und fester Körper im Zustande der Bewegung mit einander verbunden; oder von der Hydrodynamik.

§. 87.

Jeder feste Körper der sich in einem flüssigen bewegt, und jeder tropfbare der sich in einem elastischflüssigen Medio fortbewegt, muſs a) den Zusammenhang der Theile des Mediums trennen, b) dieselben zur Seite schieben, c) deren Adhäsion hinreichend überwinden, und d) ihnen eine gewisse Geschwindigkeit ertheilen; dadurch wird seine Bewegung gecshwächt und endlich ganz aufgehoben, wenn er nicht von aussen her immer neuen Zusatz von Bewegungskraft erhält. Vergl. §. 59. ff. Je stärker daher jener Zusammenhang, je grösser die

Dichtigkeit des Mediums, je häufiger die Reibung, und je ausgedehnter die Flächengestalt des fortbewegten Körpers ist, um so grösser wird die Gegenwirkung des Mediums seyn, und um so eher wird der Körper zur Ruhe kommen. Ferner in dem Maase wie die ertheilte Geschwindigkeit des bewegten Körpers zunimmt, wächst auch der Widerstand von Seiten des Mediums; indem in derselben Zeit eine grössere Menge von Massentheilen aus dem Wege geräumt und ihnen dabei eine grössere Geschwindigkeit ertheilt werden mufs. Der Widerstand nimmt daher im Verhältnifs des Quadrats der Geschwindigkeit zu; vergl. §. 38. Bem. 3.

Bemerk. 1) Ein Pendel, welches mit der breiten Seite der Linse gegen die Luft schwingt, kommt eher zur Ruhe, als wenn es mit dem scharfen Theil der Linse die Luft durchschneidet. Es schwingt längere Zeit in der Guerikeschen Leere (vergl. oben) als in der gewöhnlichen Luft, und in dieser länger als im Weingeist, und in diesem längere Zeit als im Wasser u.s.w. (Messung der Segelungs Geschwindigkeit durch das Log) Schnellsegelnde Schiffe haben eine vorn mehr zugeschärfte Gestalt, deren mit Metall belegte Aussenwände dem Wasser weniger adhäriren, und dasselbe leichter von der eintauchenden Oberfläche abgleiten machen; der vorwärts gestreckte mit dem Schnabel sich endende Kopf der Vögel, erleichtert ihren Flug; die Lage der Fische im Wasser ihr Fortschwimmen; der Nutzen der Fallschirme, die Wirkung der Schaufelruder Steuerruder, Seegel, v. Baader's Wasserschlitten u.s.w. vergl. §. 41. Bem. 2—6. In allen diesen und ähnlichen Fällen ist zu berücksichtigen, dafs der Widerstand um so gröfser ist, je mehr Flüssigkeit der zu bewegende Körper aus der Stelle treiben mufs, je mehr dieselbe an der Oberfläche des Körpers haftet und je schwüriger

die abgleitende Flüssigkeit die Stelle des fortgetriebenen Körpers einzunehmen vermag.

2) Auch der specifisch schwere Körper kann im Wasser, in der Luft u. s. w. schwimmen (natare, nager) wenn er durch Geschwindigkeit im gleichmässigen Schlagen gegen die Wasser- oder Luftsäulen, den Widerstand derselben gehörig erhöht. So schwimmen die Vögel in der Luft, dadurch, dafs sie mit ihren Flügeln die Luftsäulen schneller schlagen als diese auszuweichen im Stande sind. (Ueber den Widerstand, welchen die Flügel der Vögel in der Luft bilden, von J. J. PRECHTL in GILBERTS Ann. XXX. 3. S. 302. ff.) Nutzen der Schwanzfedern der Vögel, des Steuerruders der Schiffe u. s. w. Dafs die vierfüssigen Thiere leichter schwimmen als der Mensch, hat theils in der Stellung ihres Kopfes und dem Ligamento nuchae seinen Grund, indem sie nicht gezwungen sind, einen Theil ihrer Muskelkraft darauf zu verwenden, den Kopf aus dem Wasser hervorragen zu machen (vergl. BAZIN in Hamburg. Magaz. I. S. 327.) Theils in dem Umstande, dafs sie schwimmen, wie sie gehen. Fische ohne Schwimmblase schwimmen nur mit Hülfe ihrer Flügelflossen, die sie, wie der Vogel die Flügel, gebrauchen. ZACHARIÄ (Elemente der Luftschwimmkunst. Wittenberg 1807. 8.) nennt sie Bleifische, im Gegensatz der mit einer Schwimmblase versehenen sog. Korkfische, und zeigt wie die den Flügelflossen nachgebildeten Vorrichtungen, bei Nachen u. s. w. sehr vortheilhaft den Schaufelrudern zu substituiren sind; vergl. GILBERT's Ann. XXXVII. 233 u. XLII. 237. — Das sog. Wassertreten.

3) Ueber die Versuche der Menschen sich durch Flügel oder Flugmaschinen in der Luft zu erheben, und über DEGENS Flugmaschine (vgl. GILBERTS Ann. XXX. 3. S. 320 ff. u. 327 ff.) mündlich.

4) Je weniger Masse schwere Körper darbieten, um so geringer ist die Kraft mit welcher sie gegen solche Flüssigkeiten bewegt werden, die sie, vermöge grösseren

Eigengewichts durchfallen sollten. Daher schwimmt Staub in der Luft, fein geschlagenes oder gepulvertes Metall (wenigstens eine Zeitlang) auf und in dem Wasser, u. s. w. Theils reicht in diesem Falle das Gewicht des schweren Stäubchens nicht hin, das Zusammengezogensein der Flüssigkeitsoberfläche, den (senkrechten) Widerstand und die Zähigkeit (Cohärenz) des unterstehenden Flüssigkeitssäulchens zu überwältigen, theils wird das Eigengewicht des Pulverkörnchens auch gemindert, durch die ihm innig adhärirende Luft. — Hieher zum Theil gehören die mechanischen Operationen des Schlemmens, Schlichführens, Siebsetzens u. s. w. vergl. meine Einleit. in d. n. Chem. I. Abschn. — Hook's älteres und Luiscius neueres verbessertes Bathometer; Gilbert's Ann. XXXIII. 417. ff.

§. 88.

Bewegt sich eine Flüssigkeit gegen einen ruhenden festen Körper, oder eine elastische Flüssigkeit gegen einen tropfbaren Körper, so wird die Wirkung des Stosses wie in den vorhin berührten Fällen, theils von der Dichtigkeit, theils von der Grösse der gestossenen Fläche und von der Geschwindigkeit, theils von der Richtung abhängen. Sind beide Körper in Bewegung, so wird die Stärke der Bewegung im Ganzen genommen, zwar grösser sein, aber die Art derselben wird vorzüglich von der Gleichartigkeit oder Verschiedenheit ihrer Bewegungsrichtungen bestimmt werden.

Bemerk. 1) Rücksichtlich des ersteren Falls gehören hieher die Wirkungen der Ströme, Winde, des Schwellwassers; die Einrichtungen der Seegel, der Wind- und Wassermühlen. Rücksichtlich des zweiten Falls, das Seegeln mit und gegen den Strom, mit und gegen den Wind, das Laviren; das Ziehen der Wolken u. s. w.

2) Merkwürdig ist es übrigens, dafs feste rauhe Körper z. B. Feilen, gegen weiche bewegt nach und nach noch glatter (stumpfer) werden, während sie gegen harte Körper (durch stets erneuerte Risse) rauh (scharf) bleiben.

3) Um die Stofsgewalt ströhmender Flüssigkeiten (oben S. 298. Bem. 16.) beurtheilen zu können, schätzen wir zunächst den Widerstand, den ruhende Flüssige den bewegten Festen entgegensetzen; §. 38. u. ff. Abgesehen von der hiebei mitwirkenden (hindernden) Adhäsion (a. a. O. Bem. 3) und Cohärenz (Klebrigkeit; §. 73. Bem. 1. u. ff.) ist derselbe bei Tropfbaren — bei gleichgrossen Gegenflächen des Festen — gleich: dem Quadrate der Geschwindigkeit des bewegten Körpers, multiplicirt mit dem Dichtigkeitsverhältnifs der widerstehenden Flüssigkeit zum bewegten Körper (§. 76. Bem. 8.) oder er wächst in dem Verhältnifs, wie die Dichtigkeit des Mittels und des Quadrats der Geschwindigkeit des bewegten Körpers zunehmen; bei Gasen hingegen um soviel die Grösse dieses Ausdrucks überbietend, als der (bei vermehrter Geschwindigkeit des Bewegten wachsende) Zusammendruck des Gases die Ausdehnsamkeit desselben vermehrt; §. 72. Bem. 8. Stöfst daher ein Tropfbares senkrecht gegen eine ruhende Ebene, dabei eine Gawalt ausübend, welche gleich ist dem »Drucke«, den dasselbe Tropfbare gegen dieselbe Ebene bervorbringen würde, wenn es als Flüssigkeitssäule eine senkrechte Höhe hätte, deren Endgeschwindigkeit (jene Höhe als Fallhöhe genommen) gleichkäme der Geschwindigkeit des stossenden Wassers, so wird die Stofsgewalt eines senkrecht gegen die Ebene bewegten Gasstroms einer Geschwindigkeit entsprechen, welche als Endgeschwindigkeit einer Druckhöhe zugehört, die wenigstens noch einmal so grofs ist (als jene der zur Messung des Stofses des Tropfbaren erforderlichen tropfbaren Säule). Es wird aber sowohl Stofs als Widerstand des Tropfbaren von jenem des Gasstrohms noch merklich mehr übertroffen, als es diese (aus der Natur

der Ausdehnsamkeit des Gases abgeleitete) Folgerung angiebt, weil beim Gasstoffe gegen die Ebene das Gas vor und neben der Ebene, und beim Hindurchbewegen eines Starren oder Tropfbaren durch das Gas, dasselbe vor und neben dem Hindurchbewegten verdichtet (dagegen hinter dem Hindurchbewegten verdünnt) wird; Verdichtungen, die zwar bei geringen Ströhmungsgeschwindigkeiten mit ihren Rückwirkungen sehr unbedeutend sein mögen, bei grofsen Geschwindigkeiten aber schnell wachsend herbeiführen können, was §. 85. Bem. 14. angedeutet wurde.

4) Hutton, Borda, Prechtl (s. oben S. 105. Bem. 4.) haben durch directe Versuche den Widerstand der Luft zu bestimmen gesucht; des letzteren Versuche geben bei einer Geschwindigkeit eines in der Luft bewegten, vorn und hinten von parallelen Ebenen begrenzten Körpers von 2′ bis 10′ par., als absolutes Maafs des gegen die Ebene gerichteten senkrechten Widerstandes der Luft: das Gewicht einer (der gestofsenen Luft hinsichtlich der Dichte und der Adhäsion gegen die zu berührende Ebene durchgängig gleichen) Luftsäule, deren Druckhöhe 3,793 Mal so grofs ist, als jene Fallhöhe, zu welcher die Geschwindigkeit der bewegten Ebene als Endgeschwindigkeit gehört. Ein in Richtung seiner Axe durch die Luft bewegter senkrechter Cylinder, leidet — Borda's Versuchen zufolge — von der Luft einen $2\frac{1}{2}$ Mal so grofsen Widerstand als eine mit derselben Geschwindigkeit bewegte Kugel, deren gröfster Kreis dem Umfange der Grundfläche des Cylinders gleichkommt. Eine kleine, in Form eines Windmühlflügels befestigte und zum Umschwunge gebrachte Ebene, zeigte bei mäfsiger Umschwungsgeschwindigkeit, in B's Versuchen, den Luftwiderstand (unter sonst gleichen Bedingungen) genau im Verhältnisse des Quadrats der Geschwindigkeit; §. 38. Bem. 3. Grössere Geschwindigkeiten erzeugten hingegen in Hutton's Versuchen sehr merklich eine über dieses

Verhältniſs hinausgehende Zunahme des Luftwiderstandes; denn abgeschossene Bleikugeln von fast 2 Zoll Durchmesser, erlitten bereits bei einer Geschwindigkeit von 200′ engl. einen Widerstand, welcher der 2,04ten, bei 1200′ engl. Geschw. der 2,1ten und bei 1500′ engl. Geschw. der 2,111...ten Potenz proportional war, über die letztere Wurfgeschwindigkeit hinaus aber nicht merklich beträchtlicher erhöht wurde. Vergl. §. 52. Bem. 4. — Für den senkrechten Gegenstoſs zweier und für den schiefen Gegenstoſs zweier oder mehrerer Gasströhme gelten die S. 298 Bem. 16. u. §. 41. erleuterten Gesetze.

5) Dringt die fliessende Luft durch enge Oeffnungen, so nennen wir es das Blasen, ströhmt sie hingegen in Massen von mehr oder weniger grossem Umfange an oder gegen, so bezeichnen wir solches Ströhmen durch den Ausdruck Wehen, und die also ströhmende Luft durch den Ausdruck Wind (Sturm, Orkan). Durch weite Oeffnungen ströhmende Luft gewährt den Luftzug (z. B. der Zimmer, bei geöffneten Thüren und Fenstern, der Windöfen u. s. w.)

6) Eine Vorrichtung, durch welche Luft verdichtet und dann zum Blasen in bestimmten Richtungen gebracht wird, heiſst ein Gebläse; schon indem wir athmen, stellen wir die Wirkungen eines natürlichen Gebläses dar, indem die beiläufig 2 paris. Kubikfuſs fassende Brusthöhle (eines erwachsenen Mannes) durch die Ribben- und Zwergfellmuskeln abwechselnd (Luft einathmend) sich vergröſsert und (durch das Athmen verminderte und veränderte Luft aushauchend) sich verkleinert. Ueber die Einrichtung der Gebläse, Windöfen und Feueressen; vergl. m. Einleitung in die neuere Chemie S. 32. u. m. Grundzüge S. 253. Zur Messung der Spannung der im Innern der Gebläse verdichteten Luft dienen die Windproben oder Windwagen; s. Karsten's Eisenhüttenkunde I. §. 448. Ueber die Wirkung und Einrichtung der Wassertrommel: Gilbert's Ann. XXVIII. 377. — Ueber die Zusammenziehung

der aus engen Oeffnungen herausströhmenden verdichteten Luft (s. oben S. 76. Bem. 9.) vergl. Gilbert's Ann. XVII. 250. u. 286. — Bei 28″ Barometerhöhe würde atmosphärische Luft durch eine sehr kleine Oeffnung in einen leeren Raum ströhmen, mit einer anfänglichen Geschwindigkeit, welche der Endgeschwindigkeit einer Fallhöhe von 24488 paris. Fufs gleichkäme, und hiernach 1216 paris. Fufs in der 1sten Sec. beträgt; m. Grundzüge a. a. O.

7) Ueber die durch das Blasen bewirkte Luftströhmung in langen Röhren s. Gilbert's Ann. XXXIX. 142. — Faraday's Vers. über das Ausströhmen verschiedener Gasarten aus engen Röhrenmündungen; Schweigger's Journ. XXII. 385. — J. Roerbuck Bemerk. über Ablagerungen im Gebläsekasten des Hohofens zu Devonshire; Gilbert's Ann. IX. 45. — Ueber den Luftzug in Caminen, Schornsteinen, Schachten und Ventilatoren; Gren's N. Journ. IV. 463. Parrot's zweckmässiger Luftreiniger. Frankfurt 1793. —

8) Ueber die Entstehung und Fortpflanzung der Windes, weiter unten Cap. XII. Die Stärke des Windes misst man mittelst der Anemometer oder Windmesser, die Richtung derselben bestimmt die Windfahne; m. Grundzüge S. 257. Ueber eine die Neigung schief gehender Winde bestimmende Windfahne zum metereologischen Gebrauch; Gilbert's Ann. VIII. 240. Ueber Gegenwinde auf offener See; a. a. O. XXXII 397 u. XXXIV. 405.

9) Auch die Ströhmung der Gase wird durch die Adhäsion der von ihnen bestrichenen Flächen mehr oder weniger gemindert; vergl. oben S. 374; wässrige Gase scheinen mehr zu adhäriren, als trockne, und zugleich mit viel Elektricität beladene dürften die stärksten Adhäsion zeigen. Auch der Inhalt der Nebelbläschen scheint mittelst der Elektricität zu den Hüllen adhäriren.

III. CAPITEL.

VON DER ANHAFTUNG UND ZUSAMMENHALTUNG DER KÖRPER.

A) Von der Anhaftung oder Adhäsion im Allgemeinen.

§. 89.

XV. Versuch. Zwei spitzige feste Körper (zugespitzte Glasstäbchen) tauche man in eine Schale mit Wasser, oder mit Weingeist, oder mit Oel, ziehe sie senkrecht heraus, und lasse sie solange ablaufen, bis noch an jeden Stäbchen ein Tropfen der Flüssigkeit hängt. Man nähere jetzt beide Tropfen bis auf ohngefähr ein Viertel einer Linie: sie werden eine ovale Form annehmen und in demselben Maase wie sich diese Form ausbildet, von selbst einander nähern, bis sie endlich sich berühren und dann der Cohäsion (§. 71. N. 3.) folgend zu einem grösseren Tropfen zusammenfliessen. Dasselbe wird erfolgen, wenn man zwei Oeltropfen auf einer (Glas-) Platte in fast unmittelbare Berührung setzt: sie werden mehr Zeit als zwei Wassertropfen (unter übrigens

gleichen Umständen) und noch mehr als zwei Merkurkügelchen gebrauchen, um zusammen zu fliessen.

Bemerk. 1) Aendert man diesen Versuch dahin ab, dafs man erwärmtes und kaltes Wasser, jedes für sich rücksichtlich seiner Tropfenanziehung prüft, so findet man, dafs die Anziehung im ersten Fall schwächer als im letzteren Statt findet. Daher bildet auch heisses Wasser mehr Tropfen als kaltes, und nach de Luc (a. a. O.) und Laplace ist dieser Anziehungsunterschied ziemlich beträchtlich. Es gehören hieher mehrere alltägliche Erscheinungen, z. B. bespritzt man beim Stubenkehren den Fufsboden mit heissem Wasser, so verbreitet sich das Wasser weiter und fällt an mehreren Stellen auf, als wenn man kaltes Wasser gewählt hätte; je kälter die obere Atmosphäre ist, je grösser fallen bei Schlossen, Regen u. s. w. die Tropfen aus; regnet es in heissen Sommertagen, so fängt es zuerst mit Staubregen und kleinen Tropfen an, und geht dann erst, nachdem durch Wasserverdünstung die Luft abgekühlt ist, in grössere Tropfen über, vorausgesetzt wenn nicht anderweitige Wasserbildungsprocesse der Atmosphäre hinzukommen, welche die Tropfenbildung unverhältnifsmässig erhöhen; im Sommer hat der Tropfen ein geringeres Gewicht wie im Winter u. s. w. Licht und Electricität scheinen nur in sofern sie wärmen die Tropfenbildung zu modificiren.

2) Die ovale Form der in Anziehung tretenden Tropfen, erinnert an das Phänomen der (Wasser- und Luft-) Flut, bei Annäherung des Mondes und der Sonne, vergl. §. 62. Könnte ein fester Faden zum Monde hinauf gezogen werden, und es träte die Zeit der grösseren Erdschwerwirkung gegen ihn ein, wo sein Gewicht grösser als der Zusammenhalt der Theile des Fadens wäre, so würde der Faden in Tropfen zertheilt zur Erde fallen.

3) Ueber die Phänomene der Adhäsion vergl. man §. 32. §. 40. N. 4. §. 71. N. 1. §. 76. u. ff. Adhäsion geht der

Zusammenhaltung oder Cohärenz gewöhnlich voran, aber nicht umgekehrt.

4) Die Gewalt, mit welcher die Tropfen sich einander aus der (sehr kleinen) Ferne nähern, steht im geraden Verhältnifs ihrer Massen, weniger der Adhäsionsgrösse mit welcher jeder einzelne Tropfen mit seiner abgewendeten Fläche an den zugehörigen Stab hängt, und es ist diese in die Ferne wirkende Zugkraft offenbar gleichbedeutend, mit der im Innern des Tropfens wirkenden die denkbaren Theile desselben zur möglichst mindesten Begrenzung bringenden und im Gleichgewichte erhaltenden Cohäsion (§. 71. Bem. 4.) Bestäuben wir eine Glasplatte mit Lycopodium, so reicht die über die Grenze hinaus wirkende Cohäsion noch hin, an den sich bildenden Wasserkügelchen von jenem Staube so viel haften zu machen, dafs sie davon überzogen erscheinen, ohnerachtet die chemische Ziehung des Wassers zum Bärlappsaamen = o gesetzt werden kann. Wenn ein Tropfen ätherisches Oel den auf Wasser schwimmenden Tropfen fetten Oels auseinander treibt (oder ein Tropfen Weingeist den des ätherischen Oels, oder ein Tropfen Schwefelsäure den auf Merkur schwimmenden Tropfen fetten Oels) und darauf mit dem Wasser zur Berührung gelangt, so zeugt auch dieses Phänomen, von einer durch die Substanz der Zwischenlage hindurch wirkenden d. i. in mässige Ferne wirkenden Anziehung; vergl. m. Grundz. S. 194—195. — Aendert man den obigen Versuch (§. 89.) so ab, dafs man an das Ende des einen Stabes einen Oeltropfen hängen macht, während der andere Stab einen schwebenden Wassertropfen darbietet, so fliefsen beide Tropfen aneinander, sich mit fast ebenen Flächen begrenzend, ohne ineinander überzugehen.

5) Der Umstand, dafs die Tropfen an dem Stäbchen hängen, zeigt von der Adhäsion des Tropfbaren gegen die feste Masse des Stäbchens; die Folge des Versuchs lehrt aber auch zugleich, dafs diese Adhäsion schwächer als die der Tropfen unter sich ist; weil sonst beide

Tropfen nicht zur Ineinanderfliessung, und auf der Platte nicht zum Aneinanderfliessen gekommen sein würden. Beispiele der Adhäsion des Tropfbaren gegen das Feste gewähren eine fast zahllose Menge von Fällen; dahin gehören: das Einsaugen der Feuchtigkeiten durch Fliefspapier; des Nafswerden (§. 3. Bem. 1.); das Herabfliessen des Wassers, Oels und Weingeist an den äusseren Gefäfswänden (§. 71. N. 1.); das Zerfliessen des Merkurs auf Gold, Silber und Zinn, während es z. B auf Eisen mehr oder weniger kugelförmig bleibt; das Aufheben einer auf dem Wasser, Oel oder Weingeistspiegel schwebenden Platte, welches nach Maasgabe der Grösse der Berührungsflächen und der Glätte mehr oder weniger Kraftaufwand erfordert; das Hängenbleiben des Merkurs im Florbeutel; das Anhaften zweier (sehr glatten) Glas- oder Metallplaten, vorzüglich wenn sie mit etwas Fett bestrichen sind, (die gewöhnlichen Adhäsionsplatten) Verkürzung Feuchtigkeit einsaugender Hanffasern und Stricke (zum Heben der Lasten); Vera's Seilmaschine, vergl. Lichtenbergs Magaz. f. d. N. in der Phys. I. 3. S. 95 u. s. w. Giefst man Wasser, Weingeist oder Oel in ein Glas oder in ein hölzernes Gefäfs, so steht es nach dem Gefäfsrande zu höher als in der Mitte, und es erhält nur dann erst eine convexe Oberfläche, einem grossen halbzerflossenen Tropfen ähnlich, wenn man das Gefafs überfüllt. Giefst man hingegen Merkur in Glas, oder beobachtet man geschmolzene Metalle in erdenen Schmelztiegeln, so findet man, dafs stets convexe Oberflächen gebildet werden; dagegen erscheinen diese Substanzen in metallenen Gefässen, z. B. Merkur in zinnernen mit mehr oder weniger conçaver Oberfläche. Offenbar sind von diesen Verschiedenheiten der Form der Oberfläche, die Adhäsion der inneren Gefafswände, die innere Anziehung der Flüssigkeitstheile unter sich, und das Mafs der Verschiebbarkeit dieser Theile oder der Grad der Klebrigkeit der Flüssigkeit die nächsten Ursachen; schwere Flüssigkeiten ohne

Adhäsion und Cohäsion, würden horizontale Oberflächen bilden. Werden die Gefäſswände entfernt, z. B. bei dem überstehenden Theil des Wassers im überfüllten Gefäſse, so folgt jedes Liquide der Cohäsion ungeschwächt und bildet Tropfen (Nutzen der Ausguſsrinne). Zugleich zeigen diese Versuche, daſs die Adhäsion unter den verschiedenen Stoffen verschieden ist. Sie ist stärker zwischen Holz, Glas, Erde und erdähnlichen Materien und Wasser, als zwischen diesen Körpern und Merkur, und stärker zwischen Merkur und anderen Metallen (wo sie bei zunehmender Stärke in Amalgamation übergeht) als zwischen Wasser und Metallen. Merkur, etwas Oel und Wasser zusammengeschüttelt, bilden eine Zeit hindurch gesondert bleibende Kügelchen, deren Hülle aus fettigem Quecksilber besteht. Wasser bildet auf mit Fett bestrichenen Platten kleine Kugeln; Wassertropfen und Oeltropfen nähern sich wenig oder gar nicht, und fliessen nicht zusammen; hingegen geschieht dieses leicht zwischen Wasser und Weingeist, zwischen fettem und ätherischen Oele, zwischen ätherischem Oele und Weingeist u. s. w. Zwei auf Wasser schwimmende Korkkügelchen bilden um sich herum Wasserberge, nähern sich mit diesen und bleiben bei einander. Befestigt man eine Metallplatte deren untere Seite möglichst abgeglättet ist, mittelst eines Fadens (der um einen in der Mitte auf der oberen Seite befindlichen Hacken geschlagen wird) an den einen Arm einer genauen Waage, bringt sie durch Gewichte, womit man die Schaale des anderen Arms beschwert ins Gleichgewicht, und nähert sie jetzt verschiedenen tropfbaren Flüssigkeiten, so wird sie mit verschiedener Stärke angezogen und durch Gewichte von verschiedener Grösse abgehoben werden müssen. Guiton Morveau brachte auf ähnliche Weise runde Platten von gleicher Grösse und Gestalt, die einen Zoll im Durchmesser hatten, auf Merkur (wobei jedoch der Luftdruck nur dann von gleichbleibendenden Einfluſs gewesen wäre, wenn das Merkur wirklich in allen Punkten jede Platten-Unterfläche berührt hätte). Es blieb daran hängen:

das Gold	mit einer Kraft von	446	Gran
Silber	- - - -	429	—
Zinn	- - - -	418	—
Blei	- - - -	317	—
Wismuth	- - -	372	—
Zink	- - - -	204	—
Kupfer	- - - -	140	—
Stibium	- - -	126	—
Eisen	- - - -	115	—
Kobald	- - - -	8	—

vergl. dessen, MARET's und DURARDE's Anfangsgr. der theoret. u. pract. Chemie, a. d. Franz. von CHR. EHRF. WEIGEL Th. I. Leipz. 1779. 8. S. 49 u. Observat. de Physique de Mr. l'Abbé ROZIER. T. I. S. 172 u. 460. Aehnliche Versuche stellte HERMBSTÄDT (GILBERT's Ann. II. 63—69) BUGGE (Schriften der phys. Klasse d. dänisch. Gesellsch. d. Wiss. II. 2 H. 249.) HUTH (GREN's N. Journ. III. 299) RUHLAND (SCHWEIGGERS Journ. XI. 146) früherhin ACHARD (chym. phys. Schriften S. 354 u. ff.) und neuerlich LINK: GILBERT's Ann. XLVII. 1. u. ff. an. LINK's Versuchen zufolge rifs eine und dieselbe Calcedonplatte ab (bei einer Temperatur von 12°R. sowohl der Luft als der Flüssigkeit) von der in Masse zur Unterlage dienenden Flüssigkeit

von:	ein Gewicht von:	
reinem Wasser durch	25	Gran Med. Gew.
Schwefelsäure (Eigengew = 1,803)	29	—
Salzsäure (Eigengew. = 1,408)	25	—
gesättigter wässriger Lösung des essigs. Blei's	25	—
gesätt. wäss. Lös. d. Salpeter	23	—
gesätt. wäss. Lös. d. Glaubersalz	22	—
Kali Lösung (Eigengew. = 1,216)	21	—
Mandelöl	16	—
Steinöl	16	—

von:	ein Gewicht von:	
Terpentinöl	15	Gran Med. Gew.
Alkohol (Eigengew. = 0,840)	15	—
Alkohol (absoluter)	15	—
Schwefeläther (sehr reiner)	10	—

Bleibt in allen diesen Versuchen die Platte benetzt, so geben die Abreifsgewichte nicht sowohl die Unterschiede der Adhäsion der verschiedenen Flüssigkeiten, als vielmehr der Cohäsion und Cohärenz (Klebrigkeit) dieser Flüssigkeiten. — Als Link eine Schicht einer Flüssigkeit auf einer Platte ausbreitete, und dann die Chalcedonplatte von der Flüssigkeitsoberfläche abzureissen bemüht war, wurden zur Abreifsung beträchtlichere Gewichte erfordert, als obige Versuche angeben; offenbar, indem die von unten her wirkende Ziehung die Gleichförmigkeit der Anziehung innerhalb des Flüssigen noch mehr gestört hatte, als dieses bereits durch die Klebrigkeit der Flüssigkeit an sich der Fall ist; s. §. 16. — Wenn bei gleichartigen kreisrunden Platten die Durchmesser derselben zu einander sich verhalten, wie 1 : 2 : 3 u. s. w., so werden die Trennungsgewichte im Verhältnifs von 1 : 4 : 9 vermehrt werden müssen, denn die Flächen nehmen zu, wie die zweiten Potenzen ih- Durchmesser. Bugge's Vers. zufolge, adhäriren jedoch kleine Flächen verhältnifsmässig etwas stärker, als sie vorstehendem Gesetze nach sollten. Wärme minderte die Adhäsion.

6) Schon die verschiedene Stärke der Anhaftung zeigt, dafs nicht der Luftdruck bei diesen und ähnlichen Versuchen, die Anhaftung und das ihr vorangehende Angezogenwerden bewirke; wiewohl er im Verhällnifs der Zunahme der Berührungsflächen, die Gewalt des Aneinanderhängens erhöht. Wenn die Adhäsion in der Guerikeschen Leere in vielen Fällen stärker ist, und wenn namentlich das Merkur in der Torricellischen Leere dem Glase mehr adhärirt, als an der freien Luft,

vergl. §. 82., so zeigt dieses nur, daſs zwischen liegende Luft die Adhäsion mindert.

7) In dem Maase wie die Rauhigkeit der Oberflächen zunimmt, vermindert sich die Adhäsion. Bestäubt man Wasserkugeln (auf Fett liegend) mit Bärlappsaamen (Sem. Lycopodii) so fiessen sie nicht in einander. Schüttet man auf die Oberfläche eines in einem Gefässe gehaltenen Wässerquantums Bärlappsaamen, etwa einige Linien hoch, so kann man mit dem einzutauchenden Finger den Gefäſsboden berühren, ohne den Finger zu nässen; zugleich zeigt dieses von der stärkeren Adhäsion des Barlappsaamens zur Oberhaut des Fingers als zum Wasser. In einem mit Bärlappsaamen ausgestäubten Gefässe, steht das Wasser mit convexer Oberfläche.

8) Saugen fester Körper durch fortgesetzte Adhäsion tropfbare Flüssigkeiten ein, d. h. bringen sie dieselbe nach und nach mit ihren Aggregativtheilchen in Berührung, so wird ihr Umfang dadurch vergrössert; dahin gehören das Quellen des Holzes, (Zersprengung der Steine) der Erbsen (Zersprengen der Schädel) u. s. w. Beim Einsaugen vertheilt sich nach und nach die Flüssigkeit über alle Oberflächen mehr oder weniger frei liegender Aggregativtheile; dahin gehört das Aufsteigen des Wassers in Zucker, Schwamm, Leinwand, Löschpapier u. s. w.; die Möglichkeit des Durchseihens, Filtrirens u. s. w.; das Abtrocknen mit Tüchern, Druckpapier, das Raffiniren des Meliszucker mittelst genäſsten Thons u. s. w. (Viele hieher gehörende Erscheinungen findet man in den Grundzügen u. s. w. S. 187. u. ff.)

9) Werden die zwischen zwei festen Körpern liegenden Flüssigkeitsschichten, nach einiger Zeit fest, so wächst die Zusammenhaltung der zuvor adhärirten Substanzen, und ist dann zusammengesetzt aus der Cohärenz des festgewordenen (für sich), und aus der Adhäsion desselben gegen beide berührende Oberflächen der zuvor schon festen Körper. Nach dem wirklichen Austrocknen und Erstarren ist indeſs nur von Cohärenz, d. i. Beharrung in der Verbundenheit der Masse die Rede. Hieher

gehören: die Kütte, das Zusammenleimen, das Löthen, das Vergolden mittelst Goldamalgam, das Versilbern mittelst Silberamalgam, das Verzinnen, das Verzinken, das Zusammenkleben, der Mörtel u. s. w.

10) Auch feinzertheilte feste Körper hangen grösseren sowohl liquiden als festen Massen mit einer Stärke an, die derjenigen tropfbarflüssiger Substanzen nahe kommt, z. B. das Anhängen des Staubes.

11) Elastische Flüssigkeiten adhäriren festen und liquiden Stoffen in verschiedenen Graden der Stärke; hieher verdienen die Atmosphären und die luftartigen Ausfüllungsmassen poröser Körper gezählt zu werden; vergl. §. 85. N. 9.

12) Oftmals ist diese Anziehung so stark, dafs ausdehnsame Flüssigkeiten zur liquiden Zustandsform zurückgebracht werden, und dann als tropfbare Massen adhäriren. Besonders zeigt sich dieses bei dem dunstdampf- oder luftförmigen Wasser, und man nennt diejenigen Körper, welche das Wasser auf diese Weise anziehen: hygroscopische Körper oder Feuchtzieher, und wenn sie bei bestimmten Beobachtungen benutzt werden, um die Menge des anziehbaren Wassers in der freien Luft oder in einem bestimmten Raume auszumitteln: Hygrometer oder Feuchtmesser.

B) Von der hygroscopischen Beschaffenheit der Körper.

§. 90.

XVI. Vers. Eine Glasschaale die vier Unzen Wasser fassen kann, fülle man zur Hälfte mit concentrirter farbenloser Schwefelsäure (nicht rauchendem Vitriolöle), bringe sie auf einer genauen Waage ins Gleichgewicht, und lasse sie in dieser Lage eine Stunde, (noch besser bis zum nächstfolgenden Tage) stehen — statt der Schwefelsäure kann auch trockner neutraler salzsaurer Kalk oder ätzendes Kali gewählt

werden; — die Schaale mit der Säure wird nach und nach tiefer herabsinken, und ein merkliches Gegengewicht erfordern, um durch die andere Schaale wieder ins Gleichgewicht gebracht zu werden. Was man hier als neues Gegengewicht hinzu legen mufs, um das aufgehobene Gleichgewicht wieder herzustellen, ist dem Gewichte des von der Schwefelsäure angezogenen Wassers gleich. Hatte man salzsauren Kalk oder Aetzkali angewendet, so wird man durch mässige Erhitzung das angezogene Wasser wieder verflüchtigen können. Bei der Schwefelsäure hält dieses schwerer, weil ihre Anziehung zum Wasser bei steigender Wärme wächst.

Bemerk. 1) Die stärkste Feuchtziehung zeigt meinen Beobachtungen zufolge das sublimirte, metallisch glänzende Chloreisen, welches zugleich einen Theil des angezogenen Wassers zersetzt und dadurch (warmwerdend) in salzsaures Eisenoxyd übergeht. Diejenigen Feuchtzieher, welche sich mit dem Wasser zu mischen vermögen, ziehen es unter übrigens gleichen Umständen an, im Verhältnifs ihres stöchiometrischen Werthes (Cap. VII. u. m. Grundzüge. S. 196 u.s.ff.). Die chemische Ziehung zum Wasser, reicht oft zur Zersetzung solcher Materien hin, die Wasser als Bestandtheil und selbst solcher, welche die einzelnen Wasserbestandtheile für sich gebunden enhalten; hieher gehören die Erscheinungen der sog. disponirenden Verwandschaft, die Erzeugung des Schwefeläthers, u. s. w. a. a. O.

2) Hygrometer von obiger Art, aus Säuren, zerfliefslichen Alkalien und Salzen bestehend, gehören zu den ältesten. Lampadius (Atmosphärologie S. 111) hat sie neuerlich wieder empfohlen; sie haben indefs gegen sich die Unbequemlichkeit ihres Gebrauchs, die öfters (z. B.

auf hohen Bergen) zur Unmöglichkeit wird; die Schwürigkeit genau anzugeben, ob sie blosses Wasser oder auch zugleich andere Stoffe angezogen haben, so z. B. ziehen die Aetzalcalien Kohlensäure eben so begierig an als das Wasser, und selbst der hierin sonst für ganz unverdächtig gehaltene neutrale salzsaure Kalk ist es streng genommen nicht; und endlich dafs bei mehreren Anziehungen der Art, nicht blofs das vorhandene schon Fertige, sondern auch das noch zu Bildende angezogen wird, vergl. oben.

3) Auch gehöret hieher das sogenannte chemische Wetterglas: aus einem Gemenge von drei Drachmen Kampfer und Salmiak und Salpeter von jedem eine halbe Drachme (die zerrieben in ein mit durchlöcherter Blase zu verschliessendes Cylinderglas mit Branntwein begossen werden) bestehend. Bei trocknem Wetter fällt alles zu Boden; bei feuchter stürmischer Witterung erheben sich bis zur Decke des Glases die mannigfaltigsten, den gefrornen Fensterscheiben ähnlichen Krystallisationen. Ausser der Feuchtigkeit hat auch die Wärme beträchtlichen Einflufs darauf.

§. 91.

XVII. Vers. Eine trockne Glastafel werde an den kürzeren Arm eines doppelarmigen Hebels (einer Art von Schnellwaage) so aufgehängt, dafs die beiden Arme des Hebels genau in einer horizontalen Ebene liegen; man stelle hierauf in der Nähe der Vorrichtung einige Schaalen mit mässig warmen Wasser, und beobachte die Lage der Glastafel nach Verlauf von ohngefähr einer halben Stunde: sie wird beträchtlich gesunken und der längere Arm verhältnifsmässig höher gestiegen sein. Hat man dabei am äussersten Ende des längeren Arms eine unbewegliche bogenförmige Scale angebracht, deren o Punct

in der horizontalen Richtung der im Gleichgewichte schwebenden Arme gezeichnet ist; so kann man über und unter dem Null die Scale in gleichgrosse Grade theilen, von denen dann die unteren die Grade der Trocknifs, und die oberen die der angezogenen Feuchtigkeit anzeigen. In dem Maase wie der längere Arm steigt, ist die Glastafel durch angezogene Feuchtigkeit mehr feucht und schwerer, und in dem Maase wie er unter der horizontalen Richtung herabsinkt trockner geworden.

Bemerk. 1) Von einer ähnlichen Einrichtung ist das (zu genauen Beobachtungen nicht hinreichende) Hochheimersche Hygrometer; ausserdem gehören zu den vorzüglichen Hygrometern noch folgende: Lowitzens und Lüdickens Steinhygrometer; verschiedene Holz- Darmseiten - Grannen - Papier - rohe Seide - (Parrot's Phys. II. 421) Rattenblasen - (Wilson in den Ann. de Chim. V. 307) Goldschlägerhaut - Elfenbein, Borsten-Hygrometer; von Saussure's (Menschen -) Haarhygrometer; das Federkiel- und Froschhauthhygrometer des Retzius und Huth; Leslie's auf durch Verdampfung erregte Kälte gegründetes Hygrometer, de Lucs Hygrometer von der Quere nach gespaltenem Fischbein, Chiminellos von Kummer verbessertes Federkielhygrometer (Gilbert's Ann. LIX. 301) und das aus Andropogon contortus H. gefertigte sehr empfindliche Hygrometer (Asiatic. Res. IX. n. II et IX). Vergl. Boyle's Werke 1772. 4. Bd. IV. Versuche über die Hygrometrie; durch Horaz. Bened. de Saussure, aus dem Französ. übers. von Titius. Leipz. 1784. 8. de Lucs neue Ideen zur Metereologie. Thl. I. Cap. I. III. desselben Abhandl. über die Hygrometrie, aus den Philosoph. Transactions, Vol. LXXXI. 1791, in Grens Journ. d. Phys. B. V. S. 279 ff. Gehlens phys. Wörterb. Th. II. S. 661. Gilberts Annal. I. Bd. S. 281,

317. II Bd. S. 70. III. Bd. S. 126 IV Bd. S. 222, 308. V. Bd. 79. X. Bd. 110. XII Bd. S. 114. — Lichtenbergs Vertheidigung des Hygrometers. Götting. 1800. Alle Hygroskope der Art ziehen nur das dunstförmige (in Gestalt kleiner Sphäroiden schwimmende Wasser) der Luft an; hingegen nach de Lucs Erfahrungen keineswegs den wirklichen heissen durchsichtigen Wasserdampf, noch weniger das luftförmige oder in Luft gelöste Wasser der Atmosphäre. — Gewöhnlich bezeichnet man bei den Hygrometern den Punkt der höchsten Lufttrockne (wie sie durch geschmolzenen salzs. Kalk oder Aetzkali in der Luft bewirkt wird) mit 0 und den der gröſsten (durch Wasserdampf erzeugten) Luftfeuchte mit 100. — Gay-Lussac's Verfahren die Feuchtziehungsgrösse verschiedener Materien zu bestimmen, (durch Eintauchen derselben in Wasserdampf oder in einen damit gesättigten Luftraum, wo, wie bei allen Feuchtziehern, die Wasser anziehende Substanz für den Wasserdampf zugleich als Entwärmer, und dadurch tropfbares Wasser fällend wirkt) m. Einleitung in d. neuere Chem. S. 165. Ueber Zerflieſsung ebendas. Ueber die verschiedene Art wie Wassergas in der Atmosphäre vorhanden sein kann; m. Grundzüge S. 199 u. dies. Grundr. Cap. XI. Verdunstungsgrösse gleicher und verschiedener Materien und Verdunstungsbedingungen; ebendas.

2) Um die Menge des fallenden Regens auszumitteln, bedient man sich der Ombrometer oder Hyetometer; welche dem fallenden Regen eine genau gemessene Quadratfläche darbieten, und ihn (oder auch den Schnee) gehörig auffangen, um das gesammelte Wasser nach einer gewissen Zeit, durchs Gewicht bestimmen zu können. Gehler a. a. O. III Bd. S. 760, und Hemmers descript. instrum. Soc. Meteorol. Palut. Mannh. 1782. — Zur Messung der Thau-, Nebel-, Reif- und Glatteis-Menge, dienen die Drosometeter z. B. Weidlers Drosometer; vergl. Gehler a. a. O. V Bd. 235; 2 Bd. S. 501. 3 Bd. S. 708. Zur Be-

stimmung der Menge des verdampften oder ausgedünsteten Wassers benutzt man die Atmometer oder Atmidometer, theils um die Verschiedenheit der Wasserverdunstung an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten anzugeben; theils um das Quantum der jährlichem Verdunstung an einem Orte auszumitteln; vergl. auch Cap. XI. Für den ersten Fall ist das Saussuresche Atmidometer, aus einem leichten Rahmen bestehend, worin anzufeuchtende Leinwand eingespannt ist, sehr anwendbar; für den letzteren dienen zweckmässiger mehrere theils mit Wasser, theils mit Rasen oder Dammerde gefüllte Gefässe; die mit Wasser gefüllten, läfst man am zweckmässigsten in anderen mit Wasser gefüllten, in der Mitte befestigten Gefässen schwimmen, um so die Ausdünstung am wenigsten durch Nebenumstände zu stören. Vergl. Gehler a.a.O. I Bd. S 154, 204 und V Bd. S. 72. u. 84. Gilberts Annal. IV Bd S. 222, 308. X Bd. S. 166. XV Bd. S. 122 u. 160. XVII Bd. S. 44. Richmann in Nov. Comment. Act. Petropol. T. II. p. 134. de Luc in Grens Journ. d. Phys. VIII Bd. S. 293. Zylius Prüfung der Theorie des Herrn de Luc vom Regen, eine zu Berlin gekrönte Preisschrift. Berlin 1795. Das Feuchtwerden der Mauren, der Holzgeräthe u. s. w. ist Folge der hygroscopischen Wirkung dieser Stoffe gegen die feuchte Luft. Vergl. auch m. Grundzüge a. a. O.

C) Vom Aufsteigen der tropfbaren Flüssigkeiten in Haarröhrchen.

§. 92.

XVIII. Vers. Zwei glatte ebene Glasstreifen setze man unter einem spitzigen Winkel über einander, und bringe einen Tropfen einer nicht klebrigen aber dem Glase adhärirenden Flüssigkeit, z. B. dünnes Bergamottöl, Wasser oder Weingeist, so dazwischen, dafs der Tropfen beide Glasplatten berührt,

so wird er sich mit beschleunigter Geschwindigkeit nach dem Scheitel des Winkels beider Glasplatten hinbewegen. Dasselbe wird auch bei einem Merkurtropfen zwischen zwei reinen Zinnplatten Statt finden. Aendert man den Versuch dahin ab, daſs man zwei Glastafeln unter einem spitzen Winkel an einander setzt, und sodann beide senkrecht in eine adhärirende Flüssigkeit z. B. Wasser stellt; so wird diese Flüssigkeit zwischen beiden Platten um so mehr in die Höhe steigen (je spitzer der Winkel ist, den sie einschliessen) und endlich mit ihrem Rande eine gleichseitige Hyperbel bilden, deren Asymptoten die senkrecht stehenden und die horizontal laufenden Ränder der Glasstreiſen sind.

Bemerk. 1) In der ersten Art des obigen Versuchs, wird der zwischen gelegte von beiden Glasoberflächen angezogene Tropfen eine Bewegung nach der Diagonallinie erhalten, die ihn nach dem Winkel beider Platten mit vermehrter Geschwindigkeit treibt; weil er je näher er dem Winkel kommt, je breiter wird, mithin wachsen seine Berührungspuncte und seine Adhäsion in demselben Maase, in welchem seine tropfenbildende Cohäsionskraft vermindert wird. In der folgenden Abänderung des Versuchs, wird (wie auch zuvor) die Adhäsion der Glasflächen gegen das Wasser mit der Verkleinerung des Abstandes beider Platten zunehmen, die Anziehung der Theile des Tropfbaren nach seinem Mittelpuncte dadurch gleichmässig geschwächt werden, und so endlich die hyperbolische Begrenzung des aufgestiegenen Liquiden hervorgehen lassen. Vergl. Mushenbroek a. a. O. §. 1062.

2) Wird die Berührungsfläche durch die z. B. röhrenförmige Gestalt des Glases noch stärker vermehrt, so wird auch jene der Erdschwere und der eigenen Cohäsion mehr oder weniger entgegengesetzte Bewegung des Li-

quiden, um so eher und leichter eintreten. Eine nicht sehr weite, oben allmählig enger werdende, an beiden Enden offene Röhre, in Wasser getaucht, wird durch die wachsende Anziehung ihrer inneren Glaswände, das Wasser nach und nach oben hinaufziehen; noch deutlicher wird dieses an den eigentlichen Haarröhrchen (Tubuli capillares, in deren Höhlung nur ein Pferdehaar Raum hat oder die höchstens $\frac{1''}{10}$ im Durchmesser haben) bemerkt.

§. 93.

XIX. Vers. In verschiedene auf Glas zerfliessende (ihm also adhärirende) Flüssigkeiten, z. B. Milch, Lacmustinctur, Tinte, Wasser, Weingeist, Oel u. s. w. stelle man senkrecht mehrere Haarröhrchen von verschiedener Weite, so dafs sie ohngefähr ein paar Linien tief eintauchen: in kurzer Zeit werden die Flüssigkeiten darin in die Höhe steigen, und sich um so mehr über den Spiegel der äusseren Flüssigkeit erheben, je enger die Röhren sind, und je stärker die Flüssigkeiten dem Glase anhaften. Man bemerkt dabei, dafs die aufsteigenden Flüssigkeiten zuvörderst eine ausgehölte, nach den Glaswänden zu mit erhabenerem Rande stehende Oberfläche bilden, deren Rand aber vermöge der Enge des Röhrchens sogleich wieder zu einer mehr horizontalen Fläche zusammenfliefst; dafs sie sich dann aufs Neue heben, den Rand bilden, wiederum zusammenfliessen u. s. f., bis endlich das Gewicht der aufgestiegenen Flüssigkeitssäule der Adhäsion der inneren Glasoberfläche des Röhrchens das Gleichgewicht hält. Daher steigt keine der Flüssigkeiten über die obere Mündung des Röhrchen, sondern höchstens bis zu ihrer inneren Grenze, auch wenn

das Haarröhrchen kürzer ist, als die Höhe zu welcher die Flüssigkeit in einem längeren Röhrchen von gleicher Weite zu steigen vermag.

Bemerk. 1) Das dünne fette Oel gehört zu den wenigen Flüssigkeiten, welche in Haarröhrchen von verschiedenem Glase, übrigens aber von gleicher Weite und Höhe, fast dieselben Höhen erreicht; bei anderen Flüssigkeiten hingegen, bewirkt nach Muschenbroeks Beob. a. a. O. T. I. S. 273, die Verschiedenheit des Glases (woraus die Haarröhrchen bestehen) rücksichtlich der Adhäsion und der daraus folgenden Höhe der Flüssigkeitssäulen, öfters schon beträchtliche Unterschiede. In Haarröhrchen von gleichem Durchmesser aus holländischem Flaschenglase stiegen nach Muschenbroek:

Wasserfreie Schwefelsäure	auf	1″,30 rheinl.
Schwefeläther-Weingeist	—	1″,40
Wasserfreier Weingeist	—	1″,80
Wässrige Salzsäure	—	2″,07
Wässrige Salpetersäure	—	2″,07
Terpentinöl	—	2″,58
Wässrige Schwefelsäure	—	3″,25
Destillirtes Wasser	—	3″,40
Wässriges Aetzammoniak	—	3″,60
Kohlensaures Ammoniak	—	4″,56

2) Um die Höhen der steigenden Flüssigkeiten abzumessen, dient theils ein senkrechtes weisses Brett mit einer Scale, worauf das Haarröhrchen befestigt wird, theils ein Streifen weisses Papier, woran man das Röhrchen klebt. Gefärbte Flüssigkeiten lassen sich deutlicher beobachten, jedoch wird die Flüssigkeit durch den färbenden Stoff immer mehr oder weniger viscide; zu sehr engen Haarröhrchen wählt man zweckmässiger farbenlose Flüssigkeiten. Vergl. auch Gravesande: Element physic. Leid. 1742. T. I. p. 20. Hallström in Gil-

BERT's Ann. XIV. 425. — HAUY's und GAY-LUSSACS auf LAPLACE's Veranlassung, veranstalteten Versuche; LAPLACE s. weiter unten a. a. O. u. m. Einleit. in d. n. Chem. S. 375 u. ff. Die Höhen stehen übrigens mit dem specifischen Gewichte der Flüssigkeiten weder im geraden noch im umgekehrten Verhältnisse; sondern verhalten sich (unter übrigens gleichen Umständen) umgekehrt, wie die Durchmesser der Röhrchen. Hohe Temperatur ändert die Anziehung bedeutend; vergl. oben.

3) Sind die inneren Wände des Röhrchens mit Fett oder Bärlappsaamen ausgestrichen, so mangelt die Adhäsion zum Wasser, und dieses steigt daher nicht in die Höhe, sondern behält diejenige Höhe bei, welche es nach dem hydrostatischen Grundsatze erlangen mufs. Blofs die Adhäsion des Glases, die Cohäsion und die Cohärenz des Flüssigkeit, und nicht der Druck der Luft, oder die Stösse eines (z. B. von LE SAGE) hypothetisch angenommenen Aethers, enthalten den Grund des ganzen Phänomens. Vergl. MUSCHENBROEK diss. phys. experim. L. B. 1729. 4. p. 271. JOS. WRITBRECHT tentamen theoriae, qua adscensus aquae in tubis capillaribus explicatur, in den Comment. acad. petropolit. T. VIII. S. 262. LA LANDE diss. sur la cause de l'elevation de liqueurs dans les tubes capillaires. Paris 1770. 8. C. B. FUNCCII diss. de ascensu fluidosum in tubis capillarieus, Comment. I. II. Lips. 1773. 4. G. F. PARROT. Ueber die Capillarität. Dorpat. 1817. gr. 8. BIOT's Darstellung der Theorie des Hrn. DE LA PLACE über die Wirkung der Haarröhrchen u. s. w. in GILBERT's Ann. (III. 1. u.) XXV. S. 233 u. ff. und BRUNACCI's Abh. im Giornale de Fifica 1816. LAPLACE's Untersuchung zufolge, erstreckt sich die Adhäsionswirkung des Glases nur auf sehr geringe Entfernungen, und beruht mithin das Steigen oder Sinken einer Flüssigkeit im Haarröhrchen auf der Wirkung, welche die Flüssigkeiten auf sich selbst ausüben. Ist dabei das Flüssige von einer Oberfläche begrenzt, die ei-

nem oder dem anderen Kugelsegmente gleicht, so ist der Druck, den das Flüssige auf die Theilchen in seiner sphärischen Oberfläche von aussen nach innen übt, verschieden von jenem, welcher bei ebener Oberfläche wirksam sein würde. Bei kuglich hohler (concaver) Oberfläche ist er nemlich kleiner, und bei kuglich erhabener (convexer) Oberfläche grösser, als er in der ebenen Fläche sein würde; weil im ersteren Falle die Theile durch die Ziehung der Seitentheile und jenseits derselben durch die Anziehung des Glases gehalten werden, im letzteren Falle hingegen umgekehrt das Zusammenhalten von den Theilen der Mitte überwiegend ist. Im ersteren Falle wird der geringere Druck das Anheben, im letzteren der grössere das Sinken zur Folge haben. Ist die Röhre soweit, daſs um die Axe derselben sich noch eine ebene Fläche des Flüssigen bilden kann, so erhebt sich die Flüssigkeit in der Röhre nicht über das Niveau der Flüssigkeit ausser der Röhre. Das Steigen beginnt erst, sobald die Röhre so eng wird, daſs jener ebene Theil verschwindet, und hebt dann in Folge der Wechselziehung von Glas und Flüssigkeit an, kommt aber erst zu Stande, in Folge der Wirkung der Hohlgestalt der Oberfläche. Laplace zeigt, daſs die von der hohl oder erhaben gekrümmten Oberfläche herrührende weitere Wirkung der Flüssigkeit auf sich selbst, stets darstellbar ist, durch die Grösse $\frac{1}{2} H \left(\frac{1}{b}+\frac{1}{b'}\right)$ wenn b und b′ den gröſsten und kleinsten Krümmungshalbmesser bezeichnen. Bei einfacher Krümmung des Flüssigen (z. B. bei jener des Wassers zwischen zwei ebenen Glasplatten, statt innerhalb eines Hohlcylinders, dessen Durchmesser dem senkrechten Abstande beider Ebenen von einander gleich ist) verwandelt sich dieser Ausdruck in $\frac{1}{2} H \frac{1}{b} = \frac{H}{2b}$. (Ist die Anziehung des Glases halb so groſs, als die innere Ziehung der Flüssigkeitstheilchen unter sich, so ist das Ansteigen der Flüssig-

keit = o; wird jene Anziehung noch kleiner, so verwandelt sich das Ansteigen in Sinkung oder sog. Depression des Flüssigen). — Auch das Schwimmen der Stahlnadeln u. s. w. erklärt Laplace aus den Wirkungen der gekrümmten Oberfläche, nachdem Rumford gezeigt hatte, dafs dasselbe nicht von anhängender Luft herrühre, indem feste Körperchen dergleichen auch zwischen den Grenzflächen zweier übereinander geschichteten Flüssigkeiten zeigen; vergl. §. 77. Bem. 3. Der feste Körper sinkt dabei wirklich unter die Oberfläche des Flüssigen, und verdrängt — indem sich die Oberfläche an seinen Rändern krümmt — mehr Flüssigkeit als sein Volum austrägt. Was die Oberfläche krümmt, und also den ganzen weitern Erfolg bedingt, ist die in den verschiedenen Flüssigen verschiedene (bei gleichen Temperaturen im zusammengesetzten Verhältnifs ihrer Dichten oder auch ihrer stöchiometrischen oder chemischen Werthe; Cap. VII. — und ihrer Cohärenzen stehende Gewalt, mit welcher sich die Flüssigkeitstheilchen dem Adhäsionszuge des Glases und dem eigenen Cohäsionszuge entgegensetzen).

4) Da sich die Durchmesser der (zu genauen Versuchen hinsichtlich ihres Durchmessers genau bestimmten, durch Füllen mit Merkur und Abwägen desselben calibrirten, reinen und zu Versuchen mit ansteigenden Flüssigkeiten zuvor inwendig mit derselben Flüssigkeit angefeuchteten) Röhren umgekehrt, wie die Höhen der in ihnen befindlichen Wassersäulen verhalten (vergl. N. 2.) so verhält sich, wenn wir die Durchmesser mit D, d und die Wasserhöhen mit A, a bezeichnen, D : d :: a : A; mithin A D = a d; d.h. das Product des Durchmessers durch die Höhe des Wassers, bleibt immer einerlei; erfahrungsgemäfs die beständige Grösse 0,053 eines (paris.) Zolles. Es steigt nämlich bei 0,01 eines Zolles Durchmesser, das Wasser darin zur Höhe von 5,3 Zoll und 5,3.0,01 ist = 0,053. Will man also wissen, wie hoch das Wasser in einer Glasröhre von gegebenem Durchmesser steigen werde, so darf man nur

0,053 mit demselben dividiren, dann drückt der Quotient die Höhe in Zollen aus; vorausgesetzt wenn der Einfluſs der verschiedenen Reinheit des Glases und der Temperatur beseitigt ist. Die Oberfläche eines Cylinders, verhält sich bekanntlich: wie das Product des Durchmessers multiplicirt mit der Achse oder der Höhe. Da nun bei dem mit Wasser gefüllten Theile des Röhrchens, das Product des Durchmessers durch die Höhe (bei ein und derselben Glassorte und bei derselben Temperatur) eine beständige Grösse ist, so ist es auch die mit einer solchen Wassersäule in Berührung stehende innere Glasoberfläche. Verhalten sich die Querschnitte eines prismatischen und eines cylindrischen Haarröhrchens zu einander, wie das um den Kreis beschriebene Quadrat zum Kreise, so wird eine Flüssigkeit in beiden gleiche Höhe erreichen, weil in beiden einerlei Verhältniſs des Umfangs zum Durchmesser gegeben ist; denken wir uns hingegen zwei paralle Seiten des prismatischen Röhrchens hinweg, so wird dasselbe Flüssige jetzt nur die halbe Höhe erreichen, weil bei gebliebenem Querschnitt der Umfang auf die halbe Grösse zurückgebracht ist.

5) Hieher gehören zum Theil die bereits erwähnten Einsaugungen des Flieſspapiers, Schwamms u.s.w.; vorzüglich das Aufsteigen der Pflanzensäfte, die Incrustationen, die Efflorenz verschiedener krystallisirbaren Stoffe, der zufolge sich fest werdende Stoffe zu Röhrchen ausbilden, in denen der übrige unten stehende noch flüssige Antheil nach und nach an den inneren Seitenwänden des Gefässes hinaufsteigt, die Röhrchen zugleich selbst verlängert und häufig über den Gefäſsrand hinaus, auch die Aussenwände der Gefässe mit einer dünnen Rinde überzieht. Vorzüglich bemerkt man dergleichen bei dem salpetersauren Natron; bei einem Gemische von Salmiak und Kochsalz; beim grünen schwefelsauren Eisen; beim Mauersalpeter (Salpeterfraſs) und bei vielen anderen Salzverbindungen. Vergl. Kastners Beiträge II. Bd. S. 41. Auch gehören

hieher das Erstarren verschiedener Dünste: z. B. das auswendige Beschlagen eines mit liquider Salzsäure gefüllten offenen Gefässes, die Figurationen gefrorner Fensterscheiben u. s. w. Ferner die Wirkung der Filtrirapparate zur Reinigung des faulen Wassers, des Oels, Essigs u. s. w. vergl. m. Grundzüge a. a. O. u. d. Gewerbsfreund II. S. 38. u. ff.

§. 94.

XX. Vers. Ein kleines Merkurkügelchen werde auf reines Papier gelegt und darauf ein Stück Glas mit ihm in Berührung gesetzt: das Merkur wird von dem Papiere abgezogen dem Glase anhaften. Man bringe jetzt eine grössere Merkurmenge in die Nähe des dem Glase anhängenden Kügelchens: das letztere wird das Glas sogleich verlassen, und der stärkeren Anziehungs-Bestimmung des übrigen Merkur folgend, sich mit demselben schnell und vollkommen vereinigen; woraus folgt, daſs das Merkur unter sich eine stärkere Anziehung als zum Glase hat, mithin auch in Haarröhrchen aus Glas sich nicht wird erheben können. Daſs aber die Anziehung des Glases, sie möge so geringe sein wie sie wolle, doch noch immer einen nahmhaften Werth hat, beweiset folgende Abänderung dieses Versuchs. Man lege einen grösseren Merkurtropfen auf reines Papier, berühre ihn von entgegengesetzten Seiten, mit zwei Stücken Glas und ziehe diese nun allmählich aus einander: so wird der Tropfen eine längliche ovale Form annehmen, und nur dann wenn man das Merkurquantum sehr vermehrt, in seiner vorigen Lage beharren.

§. 95.

XXI. Vers. Zwei parallele Glasplatten tauche

man einige Linien tief in eine hinreichende Menge Merkur: es wird zwischen denselben tiefer stehen, als das Merkur ausserhalb der Platten steht, und dieser niedrigere Merkurstand, wird sich ebenfalls umgekehrt wie die Entfernungen zwischen den Platten verhalten. Stellt man dabei die Platten so, dafs sie einen spitzen Winkel machen, so bildet das Merkur, indem es je näher dem Winkel je niedriger steht, eine Hyperbel, deren Asymptoten die senkrecht stehenden Ränder der Glasplatten (mit denen sie aneinander gefügt werden) und die Gesichtslinie des Merkurs in dem Gefässe sind (Vergl. §. 92.). — Wählt man statt der Glasplatten Haarröhrchen, die man beim Eintauchen zur besseren Beobachtung an die Seite des Gefässes hält, so wird sich auch hier die Niederdrückung des Merkurs umgekehrt verhalten, wie die Durchmesser der Röhren. Füllt man eine an beiden Enden offene Röhre, deren unteres Ende in ein enges Haarröhrchen ausläuft, ohngefähr 1—2 Zoll hoch mit Merkur, so wird dieses nicht durch die untere Oeffnung dringen, dieses wird aber sogleich erfolgen, wenn man mit diesem unteren Ende anderes Merkur berührt.

Bemerk. 1) Schon im gewöhnlichen weiten Glasgefässe steht das Merkur mit convexer Oberfläche (vergl. §. 89. N. 5.) bildet also einen vertieften Rand, d. h. steht vermöge der grösseren Stärke der Cohäsion an den Seitenwänden niedriger als in der Mitte; in den Haarröhrchen bleiben die Grundgesetze der Merkuranziehung dieselben. Vergl. oben §. 93. Bem. 3.

2) Geschmolzenes Blei und wahrscheinlich alle übrigen geflossenen Metalle zeigen dasselbe; vergl. Gellert phaenom. plumbi fusi in tubulis capillaribus in den Comment. acad. Petropolit. XII. p. 243. Hingegen

steigt Merkur in zinnernen und bleiernen Röhren wie Wasser in Glas.

3) Ob übrigens die in den Haarröhrchen befindliche Luft selbst, nicht einigen Antheil an dem Stande der Tropfbaren habe, ist noch nicht entschieden, indefs nicht unwahrscheinlich; es ist nämlich 1) die Luft im Röhrchen vermöge der verhältnifsmässig stärkeren Adhäsion der inneren Glaswände, minder verschiebbar, als ausser dem Röhrchen, wird also auch beim Eintauchen des Röhrchens ins Merkur, einen mehr als gewöhnlichen Druck gegen dessen Oberfläche ausüben; 2) adhärirt das Merkur in der Torricellischen Leere dem Glase ziemlich stark, bildet bei möglichster Reinheit keinen merklich vertieften Rand, (soll sogar nach Casbois in recht aus getrockneten Haarröhrchen höher stehen, als ausserhalb derselben; dem jedoch Milon: Journ. de Phys. An. X. Pluviose, widerspricht), und nähert sich mehr einer horizontalen Ebene. Dafs Wasser in Haarröhrchen aufsteigt, kann jener Bemerkung nicht zum Einwurfe dienen, da seine Adhäsion zum Glase nicht nur stärker als seine Cohäsion, sondern auch stärker als die Adhäsion der Luft zum Glase ist.

4) Meinen Versuchen zufolge steigt kohlensaures Gas in Haarröhrchen wirklich an; die Frage, ob sich zwischen den verschiedenen Gasen in dieser Hinsicht merkliche Unterschiede zeigen, und ob auch selbst die Elektricität einer ähnlichen Wirkung unterliege, verdient geprüft zu werden, mögte aber sehr schwer entscheidend zu beantworten sein. Laplace's neuere Bemerk. s. Ann de Chim. et de Phys. XII. p. 5.

D) Von der Adhäsion fester Körper.

§. 96.

XXII. Vers. Mittelst eines scharfen Messers schneide man von zwei Bleikugeln, von jeder ein Stück so ab, dafs sie nun mit denen fast ebenen Schnittflächen

an einander gefügt, genau anschliessen; so werden sie so fest an einander hängen, daſs kaum ein Gewicht von 80—100 Pfunden hinreicht sie aus einander zu reissen, und hat man sie getrennt, so findet man ihre Oberflächen ziemlich rauh. Dasselbe findet auch in der Guerikeschen Leere statt.

Bemerk. 1) Am besten hängt man das eine dieser Kugelstücke, mittelst eines durch den Kugel-Mittelpunct in horizontaler Richtung gehenden Ringes, an einen Haken senkrecht auf, und versieht das unten angefügte zweite Kugelstück mit einem ähnlichen Ringe und Haken, um sie mit Gewichten beschweren zu können. — Mehrere zum Theil hieher gehörende Versuche kommen bereits unter A. dieses Cap. vor.

2) Die rauhe Oberfläche des Bleies nach dem Auseinanderreissen beider Kugeln, zeigt, daſs das Anziehungsverhältniſs beider Theile, während ihrer Berührung, sich etwas geändert hat. Wäre es nämlich bei blosser Adhäsion der Flächen geblieben, so würden beide Flächen, (ohne in die Masse des Bleies einzugreifen) an denselben Stellen auseinander gerissen sein, an denen sie sich berührten; indem die Adhäsion zwischen beiden (wie es der Versuch selbst zeigt) schwächer als die Cohärenz der Bleimasse ist. Es müssen mithin bei der Berührung und vorzüglich im Augenblicke des Abreissens, von Innen (dort wo beide Flächen sich berühren) nach aussen (nach den Massen zu) in entgegengesetzter Richtung wirkende Anziehungen eingetreten sein, die bei der wirklichen Trennung Spitzen- oder längliche Streifenbildung zur Folge hatten. Anziehungen der Art nennen wir magnetische, und in sofern alles Feste auf ähnliche Weise zerreiſst, sind wir schon dadurch im Stande, die magnetische Anziehung als etwas in dem Festen Beständiges nachzuweissen. In der Folge hierüber mehr. Einstweilen vergl. §. 88. N. 2.

3) Hieher gehören zum Theil die Anhaftung der Metallbelege, z. B. des aus Zinnamalgam bestehenden Spiegel-

belegs; das Schweissen des Eisens und des Platin's; das Löthen u. s. w. Vergl. oben A. Ueber das Verfahren die Cohärenz des Tropfbaren zu bestimmen, s. oben S. 282. Bem. 2 u. 3. Mit der geringen Cohärenz der Tropfbaren scheint die Ursache ihrer geringen Elasticität zusammen zu fallen; s. oben S. 132. Bem. H—K. u. vergl. Gang und Grösse der Weichheit des Wassers aus den Versuchen d. H. Zimmermann gefolgert von F. G. Busse. Leipz 1806. 8.

E) Von der Zusammenhaltung oder Cohärenz der Körper.

§. 97.

XXIII. Vers. Verschiedene Fäden von Hanf, Flachs, Baumwolle, Seide und einige sehr dünne Dräthe von Zinn oder Blei, werden so herabhängend befestigt, daſs man verschiedene Gewichte senkrecht schwebend damit verbinden kann: alle werden ein beträchtliches, bei jedem einzelnen verschiedenes Gewicht erfordern, um zu zerreissen; die abgerissenen Flächen werden mehr oder weniger rauh und spitzig sein (in Folge des in den Starren gegebenen ungleichen Widerstandes), und zwar die Metalldräthe am meisten

Bemerk. 1) Bei dem Tropfbaren ist häufig das eigene Gewicht zur Zerreissung (vergl. §. 71.) hinlänglich, jedoch vergl. §. 73. Bem. 1—3.; bei weichen Substanzen wird dazu schon eine gewisse Gewalt erfordert; bei den festen ist diese so bedeutend, daſs wenigstens bei denen auf der Erdoberfläche befindlichen Massen, meistentheils weder die Erdschwere noch die Adhäsion anderer Körper vollkommen hinreicht, wirkliche Zertrennung zu bewirken. Jedoch gewähren abreissende Felsstücke, die Enstehung von Spalten, Klüften und Gangöffnungen, Bergstürze, einfallende Ruinen u. s. w. Beispiele, von, an einigen Stellen durch die Erdschwere aufgehobener Cohärenz; rücksichtlich der Zerreissung durch Adhäsion, vergl. man den vorigen §. und ausserdem §. 89. N. 2.

2) Aus verschiedenen Beobachtungen scheint die (jedoch nur auf Analogie gestützte) Folgerung hervorzugehen, dafs die Cohärenz fester Körper um so grösser ist, je mehr die Aggregativtheile derselben ein Continuum bilden. Salzkrystalle sind minder cohärent, als erdige Fosilien; der Demant (einer der cohärentesten Substanzen) ist es mehr als der Sapphyr, dieser mehr als der Topas, der mehr als der Schmaragd; dem Bergkrystall, edler Schörl (Turmalin) gemeiner Opal, Flufsspath, Gyps und kohlensaurer Kalk folgen. Eichenholz (dem Buchsbaum und Pflaumenbaumholz hierin fast gleich kommen) ist cohärenter als Erlen- und Ulmenholz, und diesem folgen Rothtannen-, Weifstannen-, Ahorn und Hollunderholz.

3) Die Methoden deren man sich bedient hat, die Cohärenz der Stoffe zu bestimmen, kommen sämmtlich darin überein, dafs man die trennende (zerreissende, durch Lastung zerdrückende, zermalmende u. s. w.) Gewalt in bekannten Gewichten ausdrückt, und einzelne Stoffe von einer als bekannt angenommenen Cohärenz zur zu vergleichenden Einheit wählt. Bei allen Versuchen der Art, hat man soviel wie möglich auf gleiche Temperatur, gleichen Feuchtigkeitszustand und Gleichheit der Massen zu sehen. In wiefern auch der stöchiometrische oder Mischungswerth, und die Wärme als Mittel zur Cohärenzbestimmung anwendbar sein dürften, siehe weiter unten u. Cap. VII. u. XI. u. vergl. auch oben S. 128 b. Kennt man die Wärmemengen, welche verschiedene Starre in den gleichen Zustand der Flüssigkeit versetzen (z. B. in den des Gases) so wird man damit das Maafs ihrer verschiedenen Cohärenz baben, wenn man dabei den Einflufs der verschiedenen Wärmecapicitäten mit in Rechnung nimmt; in diesem Falle ergiebt sich, dafs die Cohärenz der Starren ein Product aus deren Wärmecapicitäten und Schmelzgraden ist; m. System der Chem. S. 27. Bei Metallen mufs darauf gesehen werden, ob sie gehämmert, oder zu Drath gezogen, oder geschmol-

zen angewendet worden, und man darf nicht vergessen, dafs die streckbareren Metalle sich zuerst dehnen ehe sie zerreisen. Gegossenes Eisen zerspringt unter dem Hammer, wenn es nicht zuvor in Weicheisen verkehrt worden; s. d. Gewerbsfr. I. S. 85 — gestrecktes hingegen zerreifst durch Gewichte und dehnt sich durch den Schlag. Muscrenbroek beschreibt mehrere dergleichen Vers. in seiner Dissert. phys. experim. p. 432; vergl. m. System d. Chem. Halle 1820. 4. S. 49. Gr. v. Sickingen (dessen Versuche über die Platina. Mannheim 1782. 8.) stellte ähnliche Versuche aber genauer mittelst einer zweckmässig eingerichteten Maschine an; indem er durchgängig 0,3″ paris. Dicke und 2 paris. lange Metalldräthe wählte, woraus sich ganz andere der verschiedenen Härte der Metalle mehr correspondirende Verhältnisse ergaben; m. System der Chem. S. 48—49. Guyton Morveaus Vers. a. a. O.; vergl. Gilbert's Ann. XXXIV. 209. Die neuesten hieher gehörigen Versuche hat G. Rennie angestellt (Philos. transart. 1818. 1. u. Annales de Chim. et de Phys. IX. 33.) mit 6 Zoll langen und $\frac{1}{4}$ Zoll breiten und dicken Stäben. Es zerrissen hiernach dergleichen Stäbe

von		engl. ℔ (avoir dup.)
Gufsstahl	durch 8391	
GehämmertemStahl(Blister)	8322	
Desgleichen — (Schear)	7977	
Schwedisch Stabeisen	4504	
Englisch Stabeisen	3492	
Gufseisen	1193	
Blechkupfer	2212	
Gufskupfer	1192	
Engl. Messing	1123	
Gufszinn	296	
Gufsbley	114	

(Ueber den Widerstand den das Eisen drehenden Gewalten entgegengesetzt, vergl. Duleau's Bemerk. in den Annal. de Chimie et de Physique. Tome XII. Octobre 1810. p. 147. ff.; und weiter unten Bem. 8. ff.)

In REICHENBACH's Vers. (SIBER's Phys. 23) zerriſs ein Stab mittelmäſsigen Guſseisens von 1 Quadratzoll (Baierisch) Fläche durch $76\frac{1}{3}$ Centner. ANTONI (l'usage des armes à feu) schlägt zur Cohärenzbestimmung folgendes Verfahren vor: man befestigt in einer gewissen Höhe einen spitzen keilförmigen Körper, und läſst ihn von dieser Höhe auf einen in bestimmte Entfernung gestellten festen Körper senkrecht herunter fallen: aus der Grösse der Vertiefung schlieſst man auf die Grösse des Zusammenhangs. Zweckmässiger wäre es den keilförmigen Körper auf die Platte des festen Körpers zu stellen, und mit Gewichten zu beschweren; jedoch findet das ganze Verfahren bei spröden, weichen und sehr elastischen Körpern keine Anwendung. Ein Beispiel sehr grosser Cohärenz einer Metallmischung, gewähren die Räder, die ohne zerquetschet zu werden, dazu dienten, den grossen Granitblock von 4 Millionen Pfund zum Piedestal der Statue PETERS des I. herbeizuführen; ferner die Masse der Kugeln (vgl. SPARMANNS Reisen) zur Erlegung der Rhinozeros und ähnlicher Thiere. — Nach WOLLASTON schneidet der rohe Demant das Glas, nur dann, wenn die eine seiner Kanten nahe an einem ihrer Enden die zu bildende Spalte zur berührenden Linie hat, während die beiden der Kante anliegenden Flächen, gegen das Glas gleich geneigt sind; GILBERT's Ann. LVIII. 92.

4) Bei verschiedenen Substanzen ist der Grad von Zähigkeit und Zusammenhalt noch veränderlicher als bei den Metallen; vorzüglich gilt dieses vom Holze (bei dem sich ausserdem auch die Dichte und das absolute Gewicht mit der Zeit durch Eintrocknen beträchtlich ändern, wie neuerlich in England angestellte Versuche bewiesen haben; denen zufolge 8 Stück frisch gefälltes Eichenholz binnen 6 Jahren mehr als ein $\frac{1}{3}$ ihres ursprünglichen Gewichts verlohren hatten). Beim Baumholze ist gewöhnlich der dem Baumgipfel zugehörende Theil minder dicht, als der ohnfern der Wurzel befindliche Stamm, und nach RUMFORD schwankend zwischen

1,48 bis 1,53; Annal. des Mines. XXXIII 241 u. 1818. 1 Lief. p. 51. u. ff. Grünes junges Holz ist minder cohärent als altes Stammholz; z. B. ein Stück Eichenholz (vom Stamme) von einem Zoll ins Gevierte, zerbricht von einem über 350 Pfunde gehendem Gewichte, trägt jenes hingegen einige Zeit hindurch, zerreifst aber öfters schon von der Hälfte des Gewichts, wenn es von Aesten gewählt ist; ein gutes hänfenes Seil, trägt an einem Ende an tausend Pfund, aber nur eine Zeit hindurch, es wird nach und nach gedehnter und minder zähe und zerreifst dann. In Muschenbroek's Versuchen zerrifs ein durch Gewichte der Länge nach angespannter einfacher Faden Coconseide, von 1 Quentchen; ein Pferdehaar von 5 bis 8 Loth; eine 3 Linien dicke Darmseite von 27 Pfund, ein daumendickes Schiffstau, von 3000 Pfund. Wieviel starke Ankertaue von 5 bis 5½ Zoll Querdurchmesser zu tragen vermögen, ergiebt sich ohngefähr, wenn man erwägt, dafs mehrere tausende von Schnüren, deren jede einzelne 150 bis 180 Pfund trägt, zusammengedreht das Tau bilden. Vergl. Muschenbroek introduc ad philos. natur. I. pag. 390. Buffon in den Mem. de l'academ. de Paris. 1740. p. 153. 1741. p. 192. Guiton a. a. O. — G. L. v. Pöllnitz Abh. über die Festigkeit der Materialien. Leipz. 1795. 8.

5) Die absolute Cohärenz zweier cylindrischen oder prismatischen aus gleichartiger Materie bestehenden Körper, steht im Verhältnifs der Grösse ihrer Querschnitte; bey zwei senkrechten Cylindern verhält sie sich mithin, wie das Quadrat des Durchmessers. Die relative Cohärenz zweier senkrechten Parallelipipeden von gleichartiger Materie, wächst im Verhältnifs ihrer Breite und wie das Quadrat ihrer Dicke. — Je länger übrigens der Körper ist, um so eher bricht er, je dicker und breiter, um so mehr wiedersteht er der brechenden Gewalt. Wenn ein Balken als höchstes Gewicht 2 Centner tragen kann, so wird er, um die Hälfte verkürzt 4 Centner tragen. Wenn zwei Balken sonst gleich, in

der Breite aber verschieden sind, so wird der doppelt so breite, auch doppelt soviel tragen können. Sind Länge und Breite zweier sonst gleichartigen Balken gleich, der eine aber noch einmal so dick als der andere, so wird dieser 4mal, und ein dreimal so dicker Balken wird 9mal so viel zu tragen vermögen, als der dünnere; oder überhaupt genommen, verhält sich der horizontale Wiederstand eines Körpers — GALILEI und BUFFON zufolge (H. N. Paris 1779; MUSCHENBROEK a. a. O. 127) — gerade wie seine Breite, gerade wie die 2te Potenz seiner Dicke, und verkehrt wie seine Länge. Bezeichnet r die respective Festigkeit, b die Breite, d die Dicke und l die Länge, so wird vorstehendes Gesetz durch folgende Formel ausgedrückt $r = \frac{b d^2}{l}$. Sehr lange Körper können durch ihre eigene Last brechen, verlieren dagegen durch Aushölung nur wenig von ihrer relativen Cohärenz, während sie durch Verminderung ihrer eigenen Last sehr gewinnen. Daher leistet ein langer hohler Cylinder gegen biegende Gewalt mehr Wiederstand, als ein eben so langer und aus gleicher Masse bestehender solider Cylinder. Hohle Stäbe und Pfeile zerbrechen ihrer wenigen Masse ungeachtet nicht leicht; ebenso die Federn der Vögel, die hohlen Knochen mehrerer Singvögel, die Halme der Gräser u. s. w. Gebogene Glasröhren, Stäben u. s. w. sind senkrecht gegen die convexe Oberfläche leicht durchfeil- oder durchschneidbar. Zahlreiche Versuche über die Festigkeit verschiedener Körper enthält: EYTELWEINS Statik fester Körper. Berl. 1808. S. 233. ff. GIRARD: Vom Widerstande fester Körper übers. von KRÖNCKE. Giefsen 1803. 8.

6) Die Härte der Körper richtet sich nicht immer nach ihrer Cohärenz; so zerreifst z. B. eine Glasstange von einem weit geringeren Gewichte, als eine Eisenstange von gleichem Umfange und von gleicher Länge, aber das Glas schabt Eisen, dasselbe (gemeine Stab -) Eisen hingegen nicht das Glas. Ueber das sonst übliche Ver-

fahren die Härte zu bestimmen, s. m. Einleit. in die n. Chem. S. 330. Die Härte (Unverschiebbarkeit) schätzt Hauy bei Gesteinen nach dem Grade, mit welchem sie der Abreibung wiederstehen und, nicht nach der davon oft sehr abweichenden Gewalt des Stofses. Beim Reiben wirkt aber erzeugte Wärme und Elektricität mit, die beim Stosse gar nicht oder nur im geringen Maasse zur Mitwirkung gelangen. Derselbe Demant, der von keinem Metalle abgerieben wird und nur durch seinen eigenen Staub zu schleiffen ist, zerspringt unter dem stählernen Hammer. (Der reibende, Eindruck machende, Körper wird gewöhnlich positiv, der geriebene hingegen negativ elektrisch; Cap. V.)

7) Jeder feste Körper ist in sofern hart (durum) als er dem Eindrucke eines anderen widersteht; hingegen weich (molle) wenn er ohne seinen Zusammenhang zu verlieren dem eindringenden Körper nicht widersteht. Verliert er beim Druck oder Stofs seinen Zusammenhalt leicht, so nennt man ihn mürbe (marcidum, mite); erleidet er nicht sowohl (sehr leicht) bleibende Eindrücke anderer Körper, als vielmehr nur Verschiebung seiner Theile, so heifst er schlaff (laxum); hingegen starr, straff oder steif (rigidum) wenn auch selbst durch beträchtlichen Kraftaufwand die gegenseitige Richtung der Aggregativtheile nicht verrückt werden kann. Diesen letzteren Ausdruck braucht man auch häufig statt fest; so wie überhaupt alle diese und ähnliche Wortbezeichnungen relativ sind. Von dem schlaffen Körper unterscheidet man ferner den biegsamen (flexile) und den im hohen Grade biegsamen oder zähen (tenax); von dem Starren den zerbrechlichen (fragile) und den spröden (intractabile); bei dem letzteren befinden sich die Theile in einer solchen gegenseitigen Spannung, dafs nicht einer oder einige abgebrochen werden können, ohne die Zerreissung eines grösseren Theilganzen, oder auch wohl des ganzen Körpers nach sich zu ziehen. Beispiele gewähren die geschwänzten Glastropfen und die Bologneser-

flaschen (Phiolae Bononienses), die ihre Sprödigkeit verlieren, wenn man sie aufs neue erglüht und dann allmählig erkalten läfst. Oefters sind Körper dieser Art bei kleinen Längen leicht zerbrechlich, bei grösseren mehr oder minder biegsam und contractil elastisch; dahin gehören dünne lange thönerne Pfeifen, der Gelenkquarz, das Marienglas (grofsblättriger Glimmer) und lange Glasfäden. Von dem biegsamen Körper wird der streckbare (ductile) unterschieden, der sich der Länge nach beträchtlich erweitern, der Breite und Dicke nach sehr verkleinern läfst; ohne seinen Zusammenhang zu verlieren. Das Strecken geschieht theils durch Hämmern; theils durch Ziehen und Spannen, vergl. §. 40—43. Jenes vermindert unmittelbar die Dicke und vermehrt dadurch die Länge und Breite; dieses vermehrt unmittelbar die Länge, und mindert dadurch die Breite und Dicke. Grosse Streckbarkeit bezeichnet man auch wohl durch Zähigkeit oder Geschmeidigkeit (Tractabilitas); jedoch wählt man den letzteren Ausdruck vorzüglich nicht sowohl bei ursprünglich festen Körpern, als vielmehr bei solchen, welche durch damit verbundene Flüssigkeiten so biegsam geworden sind, dafs sie sich leicht kneten lassen und in jede Form fügen; z. B. weiche Pflaster, Teige, Balsame u. s. w. Letztere haften zugleich mehr oder weniger an andere Körper, oder bleiben wenigstens beim Wegziehen derselben zum Theil hängen, und ist dieses der Fall, so nennt man sie klebrig oder schmierig (viscidum, viscosum). Körper welche durch Belastung brechen, biegen zuvor, und können, da dieses Biegen Zeit heischst, eine kurze Dauer hindurch stärker belastet werden, als sie ihrer Festigkeit zufolge sollten; Langsdorf in d. Münchner Denkschr. 1811.

8) Ueber das Verhältnifs der Cohärenz zur Dichte und zum chemischen (stöchiometrischen) Werthe, m. System a. a. O. u. Cap. VII. Hämmern, Anlassen und Härten (m. Einleit. in d. n. Chem. S. 145.) bringen in den hämmerbaren, anlafsungsfähigen und härt-

baren Körpern gewöhnlich beträchtliche Aenderungen in der Cohärenz zu Wege; das Hämmern indem es die Metalle verdichtet, das Anlassen indem es den durch Hämmerung bewirkten Zuwachs an Dichte wiederum aufhebt, und das Härten in dem es (in den meisten Fällen) die zuerst erkalteten Theile (z. B. des durch kaltes Wasser zu härtenden zuvor stark erhitzten Stahls) nöthigt der Zuggewalt der noch nicht erkalteten, inneren, mehr ausgedehnten Theile zufolgen, und so bleibende grössere Ausdehnung zu gewinnen. Merkwürdig ist dabei, dafs diese erzwungene entferntere Gegenstellung der Krystalltheilchen beim Stahle und Glase eintritt, während wir sie beim Golde, Zinn, Kupfer, Bley u. m. anderen weniger cohärenten Metallen nicht bemerken, und dafs bei dem Metallgemische der Zymbeln und Tatmanns (Darcet's und Biot's Beobachtung zufolge) dasselbe Verfahren den gerade entgegengesetzten Erfolg hat. Es besteht dieses Gemisch aus 78 Kupfer und 22 Zinn; läfst man es, nachdem es bis zum Rothglühen erhitzt worden, langsam in der Luft erkalten, so ist es spröde und unhämmerbar, erkaltete es hingegen plötzlich durch Berührung kalten Wassers, so zeigt es sich biegsam und hämmerbar. Dabei scheint es aber auch chemische Aenderungen zu erleiden; denn im ersteren Falle zeigt es ein gelbes zinnweisses, im letzteren ein gelbes Korn. (Aehnliche Aenderungen zeigt auch das Korn des plötzlich erkalteten und des allmählig erkühlten Stahls.) Auch scheint hieher Thenard's Beob. zu gehören, der zufolge ein Strohm Ammoniakgases Eisen und Kupfer spröde und zerreiblich machen, wenn sie demselben einige Minuten ausgesetzt werden, ohnerachtet ihnen keine merkbare Beimischung zuwächst. — Wirft man bis zu 60° C. erhitzten Phosphor in eiskaltes Wasser, so wird er kohlschwarz ohne sonstige chemische Aenderung, und beim Erhitzen wieder gelblich weifs; wahrscheinlich in Folge veränderter Lagerung seiner Krystalltheilchen. Erhitzt man Zinnfeile,

Bleifeile u. s. w. so zeigt sich dieselbe, auch bei Ausschlufs des Sauerstoffgases, beträchtlich strengflüssiger als wenn Zinn oder Blei in ganzen Stücken erwärmt wurde; u. s. w. s. Cap. XI. — Dehnt man Metalldräthe aus, und läfst sie darauf wieder frei, so dafs sie zu ihrem ursprünglichen Raumsumfange zurückkehren, oder dreht man sie mehrmals zusammen, und läfst sie sich dann frei zurückdrehen, so erfolgt die Rückkehr zum vorigen ungezwungenen Ruhzustande, durch eine Reihe von Schwingungen von gleicher Dauer, wobei die Stärke mit welcher jede einzelne Schwingung vollbracht wird, jedesmal im Verhältnifs mit der Gewalt steht, welche den vorgängigen erzwungenen Zustand herbeiführte. Gravesande und Coulomb haben darüber mehrere sehr genaue Versuche angestellt, und der letztere gründete darauf die Erfindung seiner Drehwage (Balance de torsion), deren wesentliches Stück ein lothrechter Metalldrath ist, dessen oberes Ende man an einem festen Punkte befestigt hat, während sich an dem unteren, durch ein kleines Gewicht gespanntem Ende, eine wagrecht schwebende Nadel befindet. Um nicht von Luftbewegung getroffen zu werden, sind die Nadel und der Drath, jedes von einem kleinen hohlen Glascylinder umgeben, von denen der letztere am oberen Ende mit einem eingetheilten Gradbogen versehen ist, der sich unter starker Reibung um den Cylinder drehen läfst. Der Drath wird von einer Zange festgehalten, an der sich auch eine wagrechte, am Gradbogen bewegliche Nadel befindet, die dazu dient die Grade anzugeben, um welche man den Drath drehen will. Eine andere untere Kreiseintheilung mifst den Gang der ersteren grösseren Nadel. Vergl. Taf. I. Fig. 13. Die zu schätzenden Kräfte läfst man am Ende dieser Nadel wirken, und mifst sie durch den Winkel, um welchen sie dieselbe von ihrem Ruhepunkte entfernen, d. i. man wägt durch Drehung; daher der Name Drehwage. Unter anderen kann auch die Drehwage dazu dienen durch einen Versuch zu zeigen,

dafs die Anziehung der Körper im geraden Verhältnifs ihrer Masse und im umgekehrten des Quadrats ihrer gegenseitigen Entfernungen steht; §. 68. Man lasse lothrecht vor dem äussersten Ende und in entgegengesetzter Richtung der unteren Nadel zwei Kugeln sich bewegen, während beim Beginnen des Versuchs der Drath in Ruhe war; sie werden ziehend auf die Nadel wirken und von derselben Gegenziehung erleiden, welche hinreicht die Nadel gegen die Kugeln hin in Bewegung zu setzen, solange bis die Kraft der Drehung der Anziehung das Gleichgewicht hält; und auch selbst jenseits des Zeitmoments dieses Gleichgewichts, wird die Nadel, in Folge ihrer erlangten Geschwindigkeit, noch fortfahren sich zu bewegen, bis zuletzt durch die Drehungsgewalt auch diese Geschwindigkeit überboten ist. Nun wird die Nadel in Folge der Drehung zum Punkte ihrer Ruhe zurück: und — ähnlich dem schwingenden Pendel — noch über diesen Punkt hinausgeführt, und wieder rückkehrend u. s w. beschreibt sie also bewegt eine Reihe von Schwingungen. Man erfährt mithin auch, wieviel Masse deide Kugeln enthalten müssen, um die Nadel zur Schwingung zu veranlassen. Vergleicht man nun die Dauer dieser Schwingungen mit denen eines Pendels von derselben Länge, das aber nur von der Erdschwere bewegt wird, so erfährt man das Verhältnifs der Gewalt, mit welcher die Erdschwere ziehend wirkt zu jener, welche die Kugeln anziehend äussern, woraus denn weiter das Verhältnifs der Masse der Kugeln zu jener der Erde berechnet und — da beider Körper Raumumfänge bekannt sind — auch das Dichtigkeitsverhältnifs der kleinen Kugeln und der Erdkugel bestimmbar ist; §. 23. B. 1. Cavéndish einen Versuch der Art anstellend, fand hiernach die mittlere Dichte der Erde = 5,5 (die des Wassers = 1 gesetzt; Dubourguet hieher gehörige Berichtigungen der C'schen Versuche geben die mittlere Dichte der Erde = 4,5). Auch zur Bestimmung magnetischer und elektrischer Anziehungen benutzte Coulomb die Drehwage.

8) Nochmals wenden wir uns zur Betrachtung der durch den Rifs entstandenen Oberflächen, zerrifsener fester Massen. In dem Masse wie die Härte ohne grosse Continuität in den verschiedenen festen Körpern zunimmt, wird gemeinhin auch ihr Bruch (und mithin jene Oberflächen) splittrich, zackig, spitzig oder rauh; ferner in dem Maase wie sich Härte mit Continuität paart, mehr oder minder flach, eben, muschlich. Bei jeder continuirlich zusammenhängenden Masse, ohne merkliche Härte, z. B. beim Tropfbarflüssigen, bei der Gallerte u. s. w. unterscheiden wir keine bestimmte Bildungsrichtung des Ganzen, beim Zerreissen, kein gegenseitiges Eingreifen der Massen, sondern ein mehr oder minder deutliches ruhiges Ablösen der Theile. Im Verhältnifs der zunehmenden Härte z. B. schon beim Glase, lassen sich verschiedentlich deutlich gewisse Bildungsrichtungen verfolgen, welche die einzelnen in einander gefügten Theile in einer schwächeren oder stärkeren Spannung halten; am deutlichsten ist dieses endlich bei den krystallinisch festen Massen der Fall. So wie beim Abreissen adhärirender fester Körper und beim Zerreissen cohärenter Massen, ein in einander greifendes Gefüge sichtlich wird, so auch beim Zertrümmern und Zerklüften des Krystalls. Im ersteren Falle war aber dieses Gefüge noch nicht vorhanden, sondern wurde erst beim Auseinanderreissen ehemals geglätteter Flächen; hier wurde also durch Berührung, was dort, bei den cohärenten und krystallinischen Massen, schon vom Entstehungsmomente an gegeben war; da nun gleiche Wirkungen auf gleiche Ursachen zu schliessen gestatten, so folgern wir, dafs dieselben Thätigkeitsverhältnisse, welche zwischen den sich berührenden glatten Flächen, durch die Berührung wach wurden, bei den cohärenten und krystallinischen Massen schon im ersten Momente ihres Werdens gegeben waren. Es bestanden aber diese Thätigkeitsverhältnisse, in einem Wirken eines erst erzeugten Inneren (eines Indifferenzpunktes) nach aussen in entgegengesetzter

Richtung, und wir nannten dort (§. 96. N. 2.) diese Art von Thätigkeitsform in der Natur, das magnetische Verhältnifs; sollte dieses demnach nicht aller Cohärenz und aller Krystallisation vorangehen? Versuchen wir es, die dem 12ten Cap. vorbehaltene Lösung dieser Frage zuvörderst durch genauere Untersuchung des magnetischen Verhältnisses selbst vorzubereiten; und vergleichen wir einstweilen §. 25—30. §. 31—33.; so wie über Adhäsion und Cohärenz überhaupt noch: die Versuche und Beobachtungen eines Carradori, Venturi, Prevost, Drapernaud, Rumford, und Link in Gilbert's Ann. B. 24. S. 121. Ritter's Bemerkungen über die Cohärenz a. a. O. IV. 1—33 und R's sämmtl. Schriften. I.; desgleichen dessen Fragmente aus dem Nachlasse eines jung. Physikers. I. 29. 33. 39. II. 252. Link über die Entstehung des Starren, in dessen Bemerk. u. Zusätzen zu Sprengel's: Vom Bau der Gewächse. Halle 1812. 8. S. 10—12 und dies. Lehrb. ob. §. 15. Bem. 4. Rumeord in Gilbert's Ann. XXXIV. 207. ff.

9) Eine der characteristischen Wirkungen magnetischer Körper, ist, wie das nächste Kap. zeigen wird, die aus der Ferne her wirkende Anziehung zum Eisen und anderen magnetiscben Substanzen; das angezogene und dadurch anhangende Eisen ist nach mehreren Richtung enbeweglich, ohne abzureifsen, und bietet in dieser Hinsicht ein Verhalten dar, ähnlich dem der Theilchen biegsamer Körper, von denen man annehmen kann, dafs sie aneinander hängen, ohne sich mit ihren Berührungsflächen räumlich vereint zu haben. Ist Cohärenz gebundener Magnetismus und Magnetismus freie Cohärenz? Vgl. m. Syst. d. Chem. S. 15. u. 65. ff. u. m. Einleitung in die neuere Chemie. III Abschnitt. §. 39. u. s. f.

IV. CAPITEL.

VON DEM MAGNETISMUS.

A) Von der Erregung des magnetischen Verhältnisses.

§. 98.

XXXIV. Versuch. Ein längliches schmales vierkantiges Stahlstäbchen, werde entweder mittelst eines in seinem Schwerpuncte befestigtem Achathütchens auf einem senkrecht stehenden Stifte, oder durch einen dünnen ungedrehten in seinem Schwerpuncte befestigten Faden, in horizontaler Lage frei schwebend erhalten. Wollte man diese (gegen Rost geschützte) Vorrichtung lange Zeit hindurch in ihrer Lage erhalten, und dabei von Zeit zu Zeit der Länge nach mit anderem (unmagnetischem) Eisen streichen, so würde man bemerken, wie nach und nach das Stäbchen, eine den Erdpolen entsprechende Richtung von Nord nach Süd annimmt, und wie es im gleichen Maase Eisenfeile und andere kleine eiserne Körper anzieht. Dasselbe wird aber schon früher geschehen, wenn man das Stäbchen von Zeit zu Zeit hämmert,

noch früher wenn man es öfters gegen den Boden stöſst und dabei abwechselnd stark erkältet und sehr mässig erwärmt; am schnellsten wenn es mit einem natürlichen Magnete in Berührung gesetzt oder bestrichen wird.

Bemerk. 1) Der Versuch zeigt deutlich, daſs in dem Stahle seiner Natur nach schon die Möglichkeit liegt, mit den Polen der Erde und mit magnetisch anziehbaren Stoffen in thätige Beziehung zu treten; und daſs es nur irgend einer (am besten schon magnetischen) Einwirkung von aussen bedarf, welche hinreicht den Stahl in Wirksamkeit nach aussen zu versetzen, um ihn zum Magnete zu machen; vergl. Antheaulme's Methode Magnete zu verfertigen: Gehler's Wörterb. III. 113. Ausser den angeführten Weisen der Erregung des Magnetismus, giebt es noch eine Menge von mehr oder weniger ähnlichen Verfahrungsarten, z. B. daſs in der Folge zu berührende Electrisiren des schwebenden Stahlstäbchens, das Erwecken sowohl dessen, was man eigentlich Magnetismus zu nennen pflegt (nemlich die aus der Ferne wirkende Anziehung magnetischer Metalle, insbesondere des Eisens) wie auch der sogenannten Polarität (womit man entweder überhaupt Richtungsentgegengesetztheit im Wirken, oder jene der Erdaxe fast parallel laufende Stellung der freischwebenden Nadel bezeichnet, wodurch deren Pole eine den Erdpolen correspondirende Richtung annehmen) durch den violetten Stral des prismatischen Farbenbildes s. Cap. X. u. s. w.; alle kommen indeſs darin überein: daſs sie den Stahl zu Thätigkeiten nach aussen bestimmen, ohne seiner eigenthümlichen Beschaffenheit, seiner Eisennatur, Eintrag zu thun; in allen Fällen hingegen wo dieses letztere geschieht, z. B. bei Auflösungen und Mischungen des Stahls oder Eisens, zeigt die Beobachtung keine Spur vom erweckten magnetischen Verhältnisse; und wenn solches

vielleicht auch im Augenblick des Angriffes hervorträte, so hebt es doch die werdende Mischung selbst sogleich wieder auf.

2) Das reine Stabeisen wird eher magnetisch als der Stahl (d. i. Kohlenstoffhaltiges Eisen) aber sein Magnetismus ist minder dauernd, und das ganze Verhältnifs in ihm wie es scheint weniger fest begründet, als im Stahl. Kleine dem Eisen beigemischste Mengen von Schwefel oder Phosphor verhalten sich nach HATCHET (NICHOLSONS Journ. of natural Philosophy, Chemistry and the arts. Vol. X. N. 40. S. 265—267 u. Vol. XI. N. 41. S. 6—17) auf ähnliche Weise, wie der Kohlenstoff. im Stahl. Je längere Zeit und je stärkere Einwirkung ein Eisen heischt um magnetisch zu werden, je länger und dauernder bleibt es magnetisch. Hartes Eisen wird schwerer magnetisch als weiches, bleibt es aber länger als dieses.

3) Ausser dem Eisen und dessen Vermischungen mit einem höchstens zwei chemischen Antheilen (Cap. VII.) Sauerstoff, Chlor, Kohlenstoff, Schwefel, Phosphor u. s. w. welche Ver-bindungen noch deutlich Polarität zeigen, soll sich auch das mit Säuren verbundene unvollkommene Eisenoxyd, z. B. das grüne schwefelsaure Eisen, etwas magnetisch zeigen; jedoch findet dieses, meinen Beobachtungen gemäfs, nur dann statt, wenn man diesem Eisensalze alles Wasser entzogen hatte, ohne es stärker zu oxydiren. Magnetische Substanzen sind es gewöhnlich nach Maasgabe ihres Eisengehalts, und in dem Maase, wie das Eisen darin unvollkommen oder vollkommen oxydirt, oder anderweitig gemischt existirt, und nach COULOMB macht noch $\frac{1}{132800}$tel Gehalt an Eisenmetall das Silber magnetisch. Den Magnetismus zeigen ausserdem das Nickel, Kobalt und Wodan (Bergmann de Niccolo in s. Opuscul. phys. chem. Upsal. 1780. p. 240; KLAPROTH in d. Beiträgen zur Kenntnifs der Mineralkörp. II. S. 42. 48.; RICHTER in GEHLENS Allg. Journ. f. d. Chemie. III. 3. S. 255. THENARD ebend. IV. 3. S. 287.—

Ueber den Kobalt: KOHL in CRELLS neuest. Entdeck. VII. S. 39. WENZEL in J. MAYERS Samml. phys. Aufs. III. Dresden 1793. 8. S. 388. Ueber den Magnetismus des Niccolan, ein Gemisch von Nickel und Kobalt, und den angeblichen des Chrom, Uran, Mangan und Titan, der von beigemischten Eisen herzurühren scheint: RITTER in GEHLENS n. Journ. d. Chemie. V. 4. S. 393). WENZEL und LANDRIANI verfertigten Magnetnadeln (so nennt man freibewegliche magnetische Stäbchen, wie z. B. das Stahlstäbchen des obigen Versuchs, die nach BENNET, vergl. GRENS Journ. d. Phys. VII Bd. 355. am besten vermittelst der starken Fäden der Kreuzspinne aufgehängt werden) aus reinem Kobalt. RITTERS Beobachtungen über Magnetnadeln von Zink und Silber (vergl. KASTNERS Grundr. d. Chem. S. 211) haben sich nicht bestätigt. Nach demselben Physiker sollten auch Goldnadeln magnetisch werden, wenn man sie electrisirt; etwas ähnliches sah ich an einem Streifen von nicht absolut reinem Kobalt; vergl. a. a. O. ebendas. Eisen, Nickel, Wodan (LAMPADIUS in GILBERT's Ann. LX. 99.) und Kobalt können als selbstständige magnetische Metalle betrachtet werden, die als solche frei schwebend eine den Polen der Erde entsprechende Stellung annehmen, ähnliche entgegengesetzte Anziehungsverhältnisse auch gegen jeden künstlichen Magnet behaupten, und alle des Magnetismus fähige Substanzen, auch dann schon anziehen, wenn dieselben zuvor noch nicht magnetisch waren, sondern es erst durch die Ziehung werden.

4) W. ANDRON (im I. Bd. des ROY. Magaz. S. 23) CAVALLO (Philosoph. Transact. for the Year 1786. P. I. S. 62. u. ff.) u. a. — (ich selbst 1809, an einem kleinen zur Electricitätsprüfung der Mineralien bestimmten Conductor) sahen stark magnetisches Messing; BRUGMANNS (de affinitatibus magneticis obss. acad. I. B. 1778. 4. übers. v. ESCHENBACH. Leipz. 1781. 8. S. 161) desgleichen Kupfer und Zink; BERGMANN (Opus. II. p. 203) und HIELM (CRELLS Annal. 1787. I. S. 163)

fanden, dafs kleine Körner von Magan; Brugmanns (a a. O. S. 293), dafs der gelbe und der farbenlose Demant; von Arnim (Gilbert's Annal. III- I. S. 48), dafs Nadeln aus Holzkohle, und nach Brugmanns noch eine Menge anderer Stoffe, vorzüglich verschiedene Fossilien (vergl. v. Arnims Uebers. der magnet. nicht metallischen Stoffe, in Gilbert's Annal. V. 4. S. 384) die meisten wohl nur vermöge eines Eisengehaltes (vergl. Ritter in Gilberts Annal. IV. I. S. 29) von künstlichen Magneten angezogen werden. Merkwürdig ist die Beobachtung des Prof. Forda, dafs ausser dem Eisen auch Steine, Kalk u. s. w. vollkommen magnetisch wurden, als sie durch den Blitz von der Kugel der Kirche des grossen Gymnasiums zu Rom abgeschlagen worden waren (wodurch wahrscheinlich ein Theil des Gehalts der Steine u.s.w. deren Eisenoxyd reducirt oder doch der Unverbranntheit näher gebracht worden war), womit auch ähnliche Beobachtungen des Pater Breislak zu Rom, über eine vulcanische Schlacke übereinkommen. Vergl. Lichtenbergs Mag. fortges. von Voigt Bd. IV. St. 4. S. 34 etc. — Coulomb wollte endlich gefunden haben, dafs die heterogensten Stoffe; Metalle, Glas, Kreide, Thierknochen, Hölzer u s. w. momentan magnetisch werden, wenn sie in Gestalt kleiner Nadeln oder Cylinder von drei paris. Linien Länge und nicht über $\frac{3}{8}$ Linie Dicke, schwebend zwischen den entgegengesetzten Polen zweier Magnete erhalten werden. Vergl. Journ. de Physique L. IV. p. 367. 454. übers. in Gilberts Annal. XI. 3. S. 367. XII. S. 194, indefs scheinen ihm spätere Beobachtungen gezeigt zu haben, dafs er es in allen diesen Versuchen mit geringem Eisengehalt der genannten Substanzen zu thun hatte; Biot a. a. O. III. 117. Ueber die bei solchen Versuchen nöthigen Vorsichtsmaafsregeln, um etwaigen Täuschungen zu entgehen, vergl. Bennet a. a. O.

5) Der sogenannte natürliche Magnet ein Eisenerz 30—38 Pfund Eisen im Centner enthaltend von eisen-

grauer, zuweilen röthlichbrauner, oder weifslichgrauer Farbe, fein- und grobkörnig, öfters auch in Form stumpfeckiger Granaten in mehreren Fossilien eingesprengt, vorzüglich in nördlichen Gegenden vorkommend; (vergl. KARSTENS miner. Tabellen 2te Aufl. Berlin 1808) ist dasjenige Fossil, an dem man zuerst die magnetischen Eigenschaften bemerkte. Nach WERNER, soll er auf der Halde erst magnetisch werden (?) und nach GMELIN, in Sibirien, von der besten Stärke in unbeträchtlichen Tiefen, und an denen von Moos bedeckten, der Luft blofsgestellten Felswänden vorkommen. Vergl. WALLERIUS Mineratsystem II. Thl. Berlin 1793 und STEFFENS Beiträge zur innern Naturgeschichte der Erde. I. Thl. Freiberg 1801. 8. — Sein Name soll von der Stadt Magnesia in Lydien (Heraclea) abstammen, wo er angeblich zuerst gefunden wurde; vergl. CAVALLO theoretische und practische Abhandl. der Lehre vom Magnete, mit eignen Versuchen; aus d. Engl. Leipzig 1788. 8. und GEHLENS phys. Wörterb. III. S. 111. In neueren Zeiten hat man ganze Gebirgsmassen magnetisch angetroffen. A. v. HUMBOLDT bemerkte dieses zuerst an einem Serpentinfelsen; andre beobachteten etwas ähnliches an anderen ebenfalls Eisenhaltigen Gebirgsarten; GRENS Journ. IV. I. S. 136. ZIMMERMANN in den Heidelb. Jahrb. d. Lit. 1808. Intell. Bl. N. VII. GILBERT a. a. O. III. I. S. 113. — N. BERGM. Journ. I. 542—563.

6) Läfst man einen eisernen Stab, an dem einen Ende mit einem Pole eines Magnets kurze Zeit hindurch blofs in Berührung, so ist der Stab nur während der Berührung magnetisch, oder vielmehr, so verliert er seinen erlangten geringen Magnetismus fast augenblicklich wieder; um ihn dagegen in einen daurenden künstlichen Magnet umzuwandeln, wird erfordert, dafs man ihn auf eine zweckmässige Weise mit einem wirklichen Magnete streiche. Man unterscheidet den einfachen und den Doppelstrich; bei ersterem setzt man den Nordpol eines guten Magnets, in die Mitte C.

(Fig. 14.) des eisernen oder stählernen, cylindrischen oder besser (der bequemeren Lage wegen) parallelepipedalischen Stabes, streicht diesen damit bis an das eine Ende (N oder S), hebt den Magnet einige Zoll weit ab, setzt ihn wieder in C an, und streicht nach der nämlichen Richtung u. s. f.; bei letzterem setzt man beide Füsse eines armirten Magnets in C. so an, dafs der Nordpol nach dem einen Ende des Stabes gewendet ist, streicht dann bis an dies Ende, so dafs es vom Nordpol berührt wird, fährt ohne anzuheben bis zum anderen Ende des Stabes zurück, so dafs dieses vom Südpol des Magnets berührt wird u. s. f. und hebt endlich den armirten Magnet in der Mitte des Stabes wieder ab. Je stärker der streichende Magnet ist um so weniger Streichungen sind bei übrigens gleichen Umständen nöthig, und sehr verstärkt wird die Wirkung wann man während des Streichens, die entgegengesetzten Pole zweyer starker Magnete auf die Enden des zu bildenden Magnets wirken läfst, und nach dem Streichen denselben zwischen starke eiserne Stäbe anhaltend lagert. Ueber Sjösteens Kreisstrich, vergl. Gilbert a. a. O. XVIII. 3. S. 325.

7) Der Magnetnadeln bedient man sich theils zur Bestimmung der Weltgegenden, theils um das Vorhandensein, die Richtung und die Stärke magnetischer Kraft in anderen Körpern zu prüfen; indem man diese der Magnetnadel nähert und prüft ob die Lage der Nadel dadurch verändert wird. Um sie gegen Luftzug und Feuchtigkeit zu schützen, schliefst man sie gewöhnlich in mit Glasscheiben bedeckte Kapseln ein, und verfahrt bei ihrer Magnetisirung folgendermaasen: die lange, dünne und schmale aus wohl gehärtetem Stahle verfertigte Nadel, deren Enden keilförmig zugeschärft sind, legt man mit einer Hälfte auf das Nordpolende eines Magnets, mit der anderen auf das Südpolende eines anderen Magnets, zieht dann beide Magnete unter der in der Mitte festgehaltenen Nadel der Länge nach fort, stellt die vorige Lage wieder her und wiederholt diese

Art von Streichung so oft, bis sie sich hinreichend magnetisch zeigt. Nach COULOMB ist für solche Nadeln, deren Länge mindestens das 30fache ihrer Dicke beträgt, die Härtung bei Dunkelrothglühhitze bei geringerer Länge hingegen, jene bei Glasschmelzungshitze am vortheilhaftesten; BIOT III 112. Gewöhnlich härtet man sie bei der Blau- oder Gelbanlaufungshitze. Eine in eine Kaspel verschlossene zweckmässig eingerichtete Magnetnadel heifst ein Compafs oder Boussole. Die ersten Seecompasse in Europa, wurden von einem Neapolitaner FAVIUS oder JOHANN v. GIOJA (oder GIOVA oder n. a. GIRA) der im dreizehnten Jahrhunderte lebte verfertigt. Ueber die chinesische Methode die Nadel aufzustellen, vergl. CAVALLO a. a. O. S. 91. Ueber COULOMBS Methode vgl. GRENS Journ. d. Phys. II. 3. S. 348.

8) KNIGHT verfertigte künstliche Magnete, aus einem Teige von fein zertheiltem schwarzen (unvollkommenen) Eisenoxyde, Leinöl und Wachs; vergl. GEHLER's Wörterb. III. S. 114. 115. INGENHOUS liefs stählerne Röhrchen auf Oel schwimmen; dessen phys. med. Schriften übers. v. MOLITOR. Wien 1784. I. S. 381 Da wie die Folge zeigen wird, eine vor dem Magnetisiren balancirte (ins Gleichgewicht gebrachte) Nadel, ihr Gleichgewicht nach dem Magnetisiren verliert; so versieht man die Nadel mit einem kleinen messingenen Laufgewichte, welches solange vom Mittelpuncte ab, oder demselben zugeschoben wird, bis das Gleichgewicht der Nadel wieder hergestellt ist.

9) Einigen Physikern unter a. CAVALLO Philosoph. Transact. Vol. LXXVI und LXXVII.) zufolge, soll die magnetische Action durch chemische Erregung und Einwirkung erhöht werden. C. behauptet stärkere Anziehungen zwischen dem Eisen und einem Magnete gesehen zu haben, wenn das Eisen der Einwirkung der Salpeter- oder Schwefelsäure ausgesetzt war. Dies veranlafste mich es zu versuchen eine Art magnetische Batterie mit Hülfe der Salzsäure zu construiren,

ich unterliefs indefs einstwsilen die weiteren Verfolgung des Versuchs, da vergleichende Beobachtungen zwischen zwei gleichgrossen Quantitäten Stahlfeile, die auf gleiche Weise in gleichen Gefässen mit Salzsäure von derselben Stärke und Menge begossen waren, bei Anwendung eines guten 5 Pfund ziehenden armirten Magnets zeigten, dafs die chemische Anziehung zwischen Salzsäure und Eisen nicht merklich modificirt werde, und dafs umgekehrt die nicht mit Salzsäure begossene Eisenfeile nicht schwächer auf die freischwebende Magnetnadel wirke, als das mit Salzsäure begossene Eisen. Indefs verdienen Cavallo's Versuche noch eine sorgfältigere Wiederholung. Hingegen zeigten mir spätere Beobachtungen 1) dafs mehrere Metalle, vorzüglich Arsenik wenn sie in mehr als zwei chemischen Antheilen dem Eisen zugesetzt werden, dessen Magnetismus merklich schwächen, während andre (z. B. die edlen) ihn fast unverändert lassen; 2) dafs unmagnetisches Eisen, wenn es einen Magnet berührt, anfänglich dessen Magnetismus vermindert, späterhin hingegen verstärkt, 3) dafs mit der Zunahme der Erwärung die Abnahme des Magnetismus des Stahls erfolgt, bis sie in grosser Hitze so grofs wird, dafs Magnetismus und Polarität für die Beobachtung = 0 werden; 4) dafs nicht wie ältere Beobachter behaupten, bei grosser Kälte der Magnetismus schwinde, sondern wenigstens bei mehreren Graden unter 0°C um etwas zunehme, und 5) dafs ein jeder Magnet (im anscheinend geringeren Grade gewöhnliches Eisen) gefeuchtetes Rhabarberpapier stark rötht; was eines Theils aus galvanischen Beziehungen des Metalls zur feuchten Substanz erklärbar ist (Cap. VI.) anderen Theils hingegen auf Erregung der Elektricität durch Magnetismus zu deuten scheint. Ueber mein Verfahren die Intensität des Magnetismus verschiedener magnetischer Körper zu finden, s. weiter unten §. 101. — Vergl. Hallische Allg. Lit. Zeit. 1818. Intelligenzbl. Januar N. 10. S. 75. u. ff. u. mein System d. Chem. Halle 1820. 4. S. 11.

10) Ueber den Einfluſs des Magnetismus auf Uhren, vgl. VARLEY's Beobacht. und Vorschläge in VOIGTS Mag. V. I. S. 87. Megnetische Uhren haben eine kleine Magnetnadel zum Zeiger. Ueber den Magnetismus der Waagebalken und seinen nachtheiligen Einfluſs auf das Gleichgewicht der Arme einer Waage, vergl. §. 54. N. 7. — Die magnetischen Spielwerke und Kunststücke gründen sich sämmtlich auf die anziehenden und abstossenden Wirkungen des Magnetismus, und auf den Umstand, daſs kein Medium die Wirksamkeit des Magnetes isolirt. Ueber sog. durch Magnete bewirktes Perpetuum mobile mündlich. — Der Ausdruck thierischer Magnetismus bezeichnet ein mit der magnetischen Anziehung nicht zu verwechselndes, im noch tieferen Dunkel liegendes, wenigstens mehr elektrisches als magnetisches Phänomen des Nervenverhältnisses lebender animalischer Organismen, und gehört für die Physiologie. Das Magnetisiren macht übrigens das Eisen, (oder den sonst des Magnetismus fähigen Körper) weder schwerer noch leichter, wie er zuvor war.

B) Von der Anziehung und Abstossung magnetischer Körper.

§. 99.

XXV. Versuch. Einem Stückchen Stabeisen z. B. einem eisernen Nagel der auf Merkur schwimmt, werde ein natürlicher oder künstlicher Magnet genähert, sind beide Massen gleichbeweglich, so wird das Stabeisen schon in einer Entfernung von 1‴, 2‴ angezogen, mit einer im Verhältniſs der Abnahme der Entfernung wachsenden Geschwindigkeit. Hebt man den Magnet in die Höhe, so bleibt das Eisen daran hängen, woraus folgt, daſs das Gewicht und somit die Schwere des Eisens durch die magnetische Anziehung aufgehoben worden. Die Stärke mit wel-

cher beide Theile aneinander haften, richtet sich theils nach dem Grade des in dem anziehenden Theile entwickelten Magnetismus, theils nach der Masse des Anzuziehenden, theils auch nach der Temperatur, nach der Feuchtigkeit und vielleicht auch nach dem elektrischen Zustande der Atmosphäre und anderen noch nicht hinlänglich bekannten Ursachen.

Bemerk. 1) Die Abänderung dieses Versuchs ist so oft möglich, als man die Lage und die übrigen Verhältnisse des Eisens gegen den Magnet zu ändern vermag, jedoch ohne das Eisen durch zu grosse Beimischungen anderer Stoffe wesentlich zu verändern; vergl. vorig. §. Auch kann man den Magnet als kleinere Masse auf Merkur, oder auf ein Brett befestigt auf Wasser schwimmend, durch ein angenähertes Stück Eisen anziehen lassen. Die leichter bewegliche Masse folgt immer der minder beweglichen. Eine schwimmende Magnetnadel, wird sich im vorigen Versuch mit dem einen Ende nach Norden, mit dem anderen nach Süden wenden, und an diesen entgegengesetzten Enden wird sich z. B. Eisenfeile (in Gestalt eines Bartes) am stärksten anhängen, und ein Eisendrath senkrecht fallend anhaften, während er sich ohngefähr gegen die Mitte des Magnets platt anlegt. Der den Magnet umgebende Raum, innerhalb welchem er seine Anziehung sichtbarlich äussert, heifst der magnetische Wirkungskreis.

2) Ein Magnet ist um so stärker, je mehr er trägt, und man kann ihn verstärken, indem man nach und nach das Gewicht des angezogenen Eisens vermehrt, jedoch nur bis auf einen mit seiner Grösse, Masse, qualitativen Güte u. s. w. übereinstimmenden Punct, welchen man den Sättigungspunct des Magnets nennt. Man mifst übrigens die Stärke eines Magnets, nach der Entfernung in welcher er anzieht, und nach der Last welche er trägt; beide scheinen im gleichem Verhältnisse zu stehen.

3) Nach Coulomb's und Hansten's Versuchen befolgt die magnetische Anziehung folgende Gesetze: *a*) die magnetischen Kräfte wirken von Punkt zu Punkt im umgekehrten Verhältnisse der Quadrate der Entfernung *b*) die absoluten Kräfte zweier Punkte in einer magnetischen Axe verhalten sich wie die Quadrate der Abstände dieser Punkte vom Punkte des Gleichgewichts; *c*) daraus folgt, dafs die ganze Wirkung eines Magneten auf einen ziemlich entfernten Punkt in der Verlängerung der Axe ungefähr mit dem Würfel der Entfernung abnimmt; *d*) die Kraft, mit der eine magnetische Axe nach Norden sollicirt wird, ist genau gleich (?) derjenigen, mit welcher sie gegen Süden sollicirt. Die hieher gehörenden Versuche, stellte Coulomb mit seiner magnetischen Waage an; vergl. Grens n. J. d. Phys. Bd. II. 1795. S. 298. ff. Biot's Phys.. Hansten in Delamétherie's J. de Phys. 1812. Decemb.

4) Muschenbroek fand, dafs sein auf einem Tische befestigter Magnet aus nachstehenden Fernen folgende Gewichte ziehend überwältigte: bei 6″ Ferne 3 Gran

5″	—	3,5	—
4″	—	4,5	—
3″	—	6	—
2″	—	9	—
1″	—	18	—
0″	—	57	—

Ueber verschiedene Verfahren die Stärke eines Magnets zu messen, weiter unten.

5) Fig. 14. stelle eine Magnetnadel vor, deren Pole durch N und S bezeichnet sind. Den zwischen beiden Polen befindlichen Mittelpunct, nennt Cavallo den Mittelpunct des Magnets (v. a. a. O.), Schelling (Zeitschr. f. die spec. Phys. I. S. 111) richtiger den Indifferenzpunct desselben; der jedoch nicht mit Brugmanns (ejusd. Tentamen phil. de mater. magnet. ejusque actione in ferrum et magnetem. Francf. 1765. Ins deutsche übers. mit Verbesserungen des Verf. von Dr. Eschenbach. Leipz. 1784.) Indifferenz-

puncten eines entstehenden Magnets verwechselt werden darf. Streicht man nemlich ein Stück Eisen mit einem Pole eines Magnets, z. B. so, dafs man in N der obigen Fig. ansetzt und nach S zu streichen fortfährt; so erhält das Eisen am Ansatzpuncte anfänglich den entgegengesetzten Pol des berührenden Pols; indem man aber das Streichen fortsetzt, geht nach und nach der erweckte Pol des Eisens in den entgegengesetzten über, und hat man das Ende erreicht, so findet man beide Pole verwechselt. Brugmanns schlofs hieraus, das auf jeder Seite der Mitte im werdenden Magnete ein Punct vorhanden sei, wo der eine Pol in den entgegengesetzten übergeht, und wo mithin beide Polwerthe = o sind. Diese in der obigen Fig. durch i und J bezeichneten nur unter den angeführten Umständen sich bildenden Puncte, benannte er auf die angezeigte Weise. Van Swinden (Lichtenbergs Mag. Bd. I. 4. S. 78.) fand ausserdem noch, dafs während des Streichens die Stärke des abgekehrten Endes allmählig bis zu einem gewissen Punkte, in welchem sie ihr Maximum erreicht und den S den culminiden Punct des werdenden Magnets nennt, wächst, und dann durch Uebergang in den entgegengesetzten Polwerth eben so schwindet. Sowohl dieser culminirende Punct, als auch die beiden Indifferenzpuncte, hängen rücksichtlich ihrer Lagen, van Swindens Vers. zufolge, nicht nur von der Länge und Dicke, sondern auch von der Härte des Eisens und von der Stärke des streichenden Magnets ab. Vergl. auch Eschenmaier: Vers. die Gesetze magnetischer Erscheinungen aus Sätzen der Naturmethaphysik mithin a priori zu entwickeln. Tübingen 1798. 8.

6) Jeder künstliche Magnet bietet nur zwei sich selbst engegengesetzte Hauptanziehungswerthe oder Pole dar; zwischen jedem Pol und dem Indifferenz- oder Ruhepuncte hingegen, befinden sich Webers Beob. zufolge, nach jeder Richtung und Seite, unendlich viel kleinere nach der Richtung der Hauptpole zunehmende Polarisirungen. An natürlichen Magneten beobachtet man da-

gegen öfters drei und mehrere Hauptpole, die durch Verwachsung zweier oder mehrerer natürlichen Magnete entstanden sind, und mithin nicht von einem und demselben Magnete gelten. Jeder Pol ist übrigens in Beziehung auf den anderen different.

7) Schleift man die Pole des Magnets sehr glatt ab, und befestigt man dünne eiserne Platten daran, die sich unten in einen dickeren hervorstehenden Fuſs endigen, so wird die anziehende Kraft des Magnets bedeutend verstärkt, und die angelegten Platten ziehen jetzt mehr und tragen ein grösseres Gewicht, als der Magnet zuvor selbst trug. Einen so zugerichteten Magnet nennt man gewaffnet oder armirt, und die ihm angefügten Stücke Eisen: seine Armaturen oder Panzer. Zur bequemeren Ausmittlung der Anziehungsstärke durch Gewichte, dient ein mit seiner platten Seite an die künstlichen Pole oder Füsse des Magnets anschliessender eiserner Stab, der Anker, der in der Mitte mit einem Loche oder Haken zum Anhängen der Gewichte versehen ist. Befestigt man den aufgehängten Magnet an eine grössere Eisenmasse, so wird seine Stärke durch angehängte nach und nach vergrösserte Gewichte (vergl. oben) mehr zunehmen, als es sonst der Fall zu sein pflegt; ebenso wird die magnetische Wirksamkeit der Stäbe am zweckmässigsten erhalten, wenn man zwei davon oder mehrere nebeneinander liegend so aufbewahrt, daſs ihre gleichnamigen Pole sich berühren, und mit einem Anker geschlossen werden. Knights grosse künstliche Magnete oder magnetische Magazine; beschr. von Fothergill in den Philosoph. Transact. Vol. LXV. Soll ein künstlicher Magnet in einem Stücke wie ein armirter wirken, so giebt man dem Stahlstücke vor dem Magnetisiren die Gestalt eines Hufeisens, daher die Benennung magnetische Hufeisen; an denen ebenfalls mittelst eines Ankers die Stärke durch Gewichte bestimmt wird. Streicht man zwei Magnete abwechselnd mit ihnen selber, so werden sie dadurch ebenfalls verstärkt.

8) Nach Marsenne vermehrt die Armirung die Kraft des Magnets bis um das 16, 40, ja 320fache, der vorigen Zuggewalt. Der grosse armirte Magnet im Teylerschen Museum zu Harlem wiegt mit der Armatur 307 Pfunde und trägt 203 Pfd.; Parrot's Phys. II. 602. Verhältnifsmässig beträchtlich wirksamer sind die magnetischen Stäbe des Professor Steinhäuser in Halle; Voigt's Mag. IX. 33. 326. Ritter's Abh. III. XXXIV. Gemeinhin tragen kleinere gepanzerte Magnete das 10 fache ihres eigenen Gewichts; man hat sie aber auch bis zur Tragung des 20 bis 30fachen verstärkt. Zwei mit den ungleichnamigen Polen zusammengebrachte Magnete, tragen zusammen soviel, als die Summe der Gewichte beträgt, die sie als einzelne Magnete getragen haben würden. — Liegt das vom Magnet zu hebende Eisen auf grossen Eisenmassen (z.B. auf einer eisernen Platte) so wird es von dem Magnete leichter und in grösserer Menge gezogen, als ohne diese Unterlage.

9) Gewöhnlich mifst man die Wirkungsstärke eines Magnets mittelst des Tragegewichts; indefs ist dieses Verfahren Behufs der Nachweisung kleiner Unterschiede unzureichend. Zweckmässiger bedient man sich in letzterer Hinsicht des v. Saussure'schen Magnetometers (dessen Reise in d. Alpen II. 126.), noch vortheilhafter der Coulomb'schen Drehwage (§. 97. Bem. 8.) oder auch der freischwebenden Magnetnadel, die, zur möglichsten Meidung des Drehungs- und Reibungswiderstandes von Bonnet an einem Faden der Kreuzspinne aufgehangen wurde, wobei der Widerstand so geringe war, dafs ihn 18000 Drehungen noch nicht messen liefsen. Behufs der Bestimmung der Repulsionsstärke pflegt man sie, bei Anwendung der Coulomb Drehwage, an einem Silberdrath in dieselbe zu hängen. Wendet man hinreichend dünne in der Mitte durchlöcherte (vermöge genauer Lagerung des Schwerpunktes nicht lange bebende) Nadeln an, in deren Oeffnung das Hütchen gestekt werden kann, so las-

sen sie die Möglichkeit zu: durch Umlegung die Richtung ihrer Axe und der magnetischen Mittagslinie vergleichen zu können.

10) Coulomb näherte der in seiner Drehwage aufgehängten Nadel den freundschaftlichen Pol eines Magnets, ohne dafs beide Gegenpole zur Berührung kamen, versetzte dadurch die Nadel in Schwingung, und bestimmte die Zahl der Schwingungen welche die freundschaftlichen Pole verschiedener magnetischer Körper in gleichen Zeiten bewirkten; a. a. Orten.

11) Was überhaupt freischwebende Nadeln zum Schwingen bringt ist die von Aussen sei es von den Seiten oder von unten her einwirkende magnetische Ziehgewalt anderer magnetischer Körper (z. B. der Erde; s. weiter unten). Betrachtet man nun hiebei die Nadel als ein durch Magnetismus bewegtes Pendel, so ergiebt sich aus dsm Gesetz für Pendelschwingungen (§. 59. Bem. 4.) dafs die nacheinander auf die Nadel in Wirksamkeit zu setzenden Kräfte *zweier ungleich starken Magnete den Quadraten der Schwingungszeiten umgekehrt proportional* sein und bei *gleichen Zeiten* sich verhalten werden, wie die *Quadrate der Schwingungsmengen*. Biot a. a. O.

12) Auch mit Hülfe des die Compafsnadel umgebenden, in Graden getheilten Kreises, läfst sich das Verhältnifs der Stärke zweier ungleich wirkenden Magnete ausmitteln; bei den oben (S. 424.) erwähnten Versuchen lenkte ich die Nadel der Boussole durch einen Magnet so von ihrer ursprünglichen Richtung ab, dafs sie ostwestlich stand, und fragte nun an, unter welchen Winkel die Nadel sich stelle, *a*) wenn derselbe Magnet weiter entfernt werde, *b*) wenn seine Stelle durch einen anderen Magnet von zu bestimmender Starke besetzt werde, *c*) wenn derselbe Magnet anderweitigen Einflüssen (z. B. der Gegenwirkung einer zweiten hinter ihm entfernteren Nadel, dem Wärmewechsel, der Belastuug mit Eisen u. s. w. preisgegeben werde, *d*) bis zu *welchen Fernen* andere Magnete gebracht wer-

den müssen, wenn sie hinsichtlich der ursprünglich abgelenkten Stellung der Compafsnadel dasselbe leisten sollen, was der erste Magnet bewirkt hatte u. s. w. a. a. O. Unter andern weisen diese Versuche auf eine Reihe der Abnahme des Magnetismus vom Eisen abwärts zu den weicheren Metallen hin, der zufolge zwischen Nickel und Eisen noch ein, und zwischen Kobalt und Uran wenigstens 3 magnetische Metalle fehlen.

13) Auch lassen sich die Neigungs- und Abweichungsnadel (s. weiter unten) zu ähnlichen Bestimmungen benutzen.

14) Nach v. Saussure ist die Eisenziehungs-Stärke eines und desselben Magnets an verschiedenen Orten verschieden, was einigermaasen der Unterschied der Temperaturen u. s. w., vorzüglich aber auch der Unterschied der magnetischen Wirkung der Erde (§. 98. erleutert.

15) Den Kreis des Hängecompafs theilt man gemeinhin in 360 Grade, den des bergmännischen in Achtel- und ganze Stunden, den Schiffscompafs gemäfs der Windrose in 32 etc. Theile; §. 88. u. §. 59. Bem. 15.

16) Wie genau auch Coulomb's Versuche über die magnetische Anziehung zu sein scheinen, so dürfte doch eine weitere Prüfung der von ihm abgeleiteten Gesetze höchst wünschenswerth sein.

§. 100.

XXVI. Vers. Aendert man den vorigen Versuch dahin ab, dafs man statt des unmagnetischen Eisens einen kleinen Magnet schwimmend erhält, so bemerkt man bei der Annäherung eines zweiten Magnets, dafs die Anziehung in grösseren Fernen aber mit geringerer Stärke als beim unmagnetischen Eisen statt findet; eine Modification der magnetischen Anziehung, die sich aus dem Umstande erläutern läfst, dafs der Wirkungskreis zweier schon

gebildeten Magnete grösser sein muſs, als derjenige eines bereits fertigen und eines noch (in dem durch die Anziehung erst magnetisch werdenden Eisen) zu erzeugenden. Stellt man diesen Versuch so an: daſs Magnete freischwebend oder schwimmend sich anziehen können, so findet man stets, daſs nur die ungleichnamigen Pole (die daher freundschaftliche Pole: Poli amici heisen) sich anzieken, die gleichnamigen hingegen (die feindlichen Pole: Poli inimici) sich in denselben Verhältnissen nicht bloſs meiden oder ruhig verhalten, sondern abstossen.

Bemerk. 1) N (Nordpol) und S (Südpol) oder + M und — M ziehen sich an;
N und N oder + M und + M stossen sich ab.
S und S oder — M und — M stossen einander ab.

2) Hieher gehören eine Menge magnetische Kunststücke und Spielereien. Z. B. die magnetischen Schiffchen, Fische, Enten u. s. w.

3) Schlägt man eine lange Magnetnadel von gehärtetem Stahle, z. B. in der Nähe ihres Nordpols entzwei, so wird man finden, daſs das Bruchende des abgeschlagenen Nordpolstücks unbeschadet des Nordpolwerthes des Nordpols, selbst Südpolwerth hat; oder daſs aus dem einen Magnete zwei geworden sind. Auf gleiche Weise erhält man eben soviel Magnete als man einen natürlichen oder künstlichen Magnet, in kleinere Stücke zertheilt.

4) Eine genauere Untersuchung der Abstossung gleichnamiger Pole, läſst die Folgerung zu: daſs dieselbe weder ein wirkliches Fliehen noch eine im Inneren der Magnete erweckte repellirende Lagerung der Theile (deren Erfolg doch nur bei unmittelbarer Berührung und nicht in der Ferne eintreten könnte, wenn man nicht ein zurückstossendes immaterielles Flui-

dum statuirt) sondern Folge einer besonderen Art der Anziehung ist. Vergl. §. 33. Indem nämlich zwei gleichnamige Pole zweier Magnete sich gegenüber erscheinen, bestimmt der eine den anderen, diesen neuen (seinem eigenen bisherigen) entgegengesetzten Werth aus sich zu entwickeln, d. i. seine Pole zu vertauschen und umzukehren. Wirklich kommt es auch hiezu, wenn der eine schwächere Magnet dem anderen unbeweglich gegenübersteht; das + M des stärkeren ruft dann an der Stelle des + M des schwächeren ein — M hervor (indem es zuvor die ganze Wirksamkeit des aufzuhebenden schwächeren + M = o setzt), wodurch nothwendig das bisherige M — des schwächeren Magnets zu + M. wird Sind hingegen beide Magnete freibeweglich, so werden beide, eine solche gegenseitige Aufforderung zur Verwechselung der Pole erhaltend, eine Art von Drehung beginnen, die nothwendig von Entfernung beider Pole begleitet, eine Hinstellung der ungleichnamigen Pole zum Ziele hat, und so das Phänomen der eigentlich scheinbaren Abstossung gewährt. Die Assimilationsverhältnisse der Organismen bieten analoge Erscheinungen dar, und der Unterschied zwischen beiden, so wie zwischen der disponirenden chemischen Anziehung (§. 90. Bem. 1.) besteht darin, daſs wir es bei der magnetischen Abstossung mit einem möglichst einfachen Verhältnisse der Art, bei den übrigen mit mehr zusammengesetzten Kräften zu thun haben; sehr häufig scheint uns aber die Natur dort am geheimniſsvollsten und dunkelsten, wo sie wirklich am wenigsten verhüllt ist, und wo sie ihrer Kräfte Tausch in möglichster Einfachheit zu Tage legt; hingegen um so klarer, je verwickelter ihre Operationen sind, je mehr sie z. B. bei den Organismen an reingeistige (uns selbst also verwandtere) Thätigkeiten streift. Das meiste Licht verbreitet über die magnetische Anziehung und Abstossung jener Vorgang, durch welchen der Magnetismus von schon magnetischen Substanzen in denen des Magnetismus fähigen, ihn aber noch nicht besitzenden, erregt wird.

C) Von der magnetischen Vertheilung und von dem Vermögen der Körper den Magnetismus zu leiten.

§. 101.

Jeder Körper der von einem Magnete berührt wird, oder überhaupt auch nur in seinem Wirkungskreise sich befindet, wird selbst zum Magnete; d. h. erleidet eine Steigerung seiner inneren Thätigkeit nach entgegengesetzter linearer Richtung, beide Polwerthe des berührenden Magnets mehr oder minder gelungen in seinen entgegen liegenden Theilen ausbildend. Wir unterscheiden dabei vorzüglich zwei Arten des Magnetischwerdens, d. h. der Bildung innerer Entgegengesetzheit (oder Polarität); nämlich 1) diejenige welche nur solange stattfindet als die Berührung des ursprünglichen Magnets währt, und die bei allen Körpern ohne Ausnahme vorgefunden wird; wir nennen sie die Leitung der Körper für den Magnetismus. Sie ist bisherigen Erfahrungen gemäſs bei allen Körpern gleich stark; d. h. der Magnet erstreckt seine Wirkungen im oben angegebenen räumlichen Verhältniſs unausgesetzt, der Zwischenraum mag erfüllt sein womit er will; m. a. W. für den Magnetismus giebt es keinen Isolator; 2) diejenige welche auch nach der Entfernung des ursprünglichen Magnets noch fordauert, und die von ihr getroffenen Körper in selbstständige Magnete umwandelt; vergl. A. dieses Cap. Zu den untergeordneten Arten gehören alle Phänomene, wo die Polarisirung anderen Thätigkeitsverhältnissen hineingebildet worden, und ihnen so einen mehr oder minder magnetischen Werth ertheilt hat.

Bemerk. 1) Becher behauptet, daſs der Demant den

Magnetismus des Eisens isolire; gewissermaassen kann man jeden einzelnen Magnet als den Isolater eines anderen mit ihm nicht verbundenen betrachten.

2) Denken wir uns die magnetische Ziehung als im Tropfbaren wirkend, so würde daraus für die Theilchen des Tropfens eine Ungleichheit der Ziehgewalten entspringen, welche ungleichen Widerstand gegen das Verschieben und dadurch Klebrigkeit, oder wirkliches Erstarren zur Folge haben müfste; vergl. §. 16. u. Kap. XII.

§. 102.

Jeder wirksame Magnet theilt also in seiner Umgebung nichts von seiner Pollkraft mit (verliert nichts weder an Kraft noch an Stoff), sondern bewirkt blofs, dafs in dieser Umgebung aus eigenem Vermögen ein Zustand entwickelt werde, der dem seinigen (seinem magnetischen Werthe) mehr oder minder entspricht; jedoch so, dafs stets der ungleichnamige Pol seines gegenüberstehenden Pols hervorgerufen wird. Man nennt dieses merkwürdige, dem Wesen nach in allen Verkörperungsphänomenen wiederkehrende, und sich hier nur durch die lineare über die Körpergrenze hinauswirkende Thätigkeitsrichtung als magnetisches characterisirende Grundverhältnifs, die magnetische Vertheilung.

Bemerk. 1) Nur der Form nach sind die übrigen Vertheilungen in der Natur von der magnetischen unterschieden, bei jenen ist sie zusammengesetzter, bei dieser mehr einfach. Zu den ersteren gehöret fast alle Bildung und Zeugung in der Natur, zur letzteren zum Theil noch die spater zu berührende electrische Vertheilung.

2) N in Fig. 14 sei der Nordpol einer Magnetnadel; so erhält z. B. das diesem Pole gegenüber vorhandene Eisen, an diesem Ende nicht auch Nord- sondern Südpolarität, und der neue Nordpol des Eisens erscheint am abgekehrten entgegengesetzten Ende, aber gleichzeitig mit dem Südpole. Zerbrechen wir einen natürlichen Magnet (oder auch einen künstlichen) in kleinere Stücke, so wird jedes Stückchen im Momente des Zerbrechens durch die magnetische Vertheilung zum neuen kleineren Magnete. Der Bart angezogener Eisenfeile besteht aus einer Menge kleiner Magnete, die durch Vertheilung geworden, mit ihren ungleichnamigen Polen aneinander hängen.

3) Ritter will mittelst einer aus mehreren Magneten bestehenden magnetischen Batterie electrische Wirkungen (auf das Electrometer) hervorgebracht haben. Ein gegen 3 Fufs langes mit einer eisernen Kugel versehenes Pendel (§. 59. Bem. 12.) zeigt eigenthümliche Schwingungs-Abweichungen; vergl. P. Heinrich in Gehlen's Journ. V. 571. —

D) Vom Verhältnifs der Magnete zur Erde.

§. 103.

Alle Magnete stellen sich freischwebend (vergl. A) nach den Weltgegenden: Norden und Süden; jedoch nicht genau, sondern östlich oder westlich aus der Ebene des Meridians um einen Winkel abweichend, den man die Abweichung, Variation oder Declination der Magnetnadel (Declinatio s. Variatio acus magneticae) nennt. Ein in dieser Richtung der Magnetnadel um die Erde zu ziehender gröfste Kreis heifst der magnetische Meridian, und die beiden entgegengesetzten Puncte, in welchen sich die magnetischen Meridiane aller Erdenorte durchschneiden, nennt man die magnetischen

Pole der Erde, deren nördlicher nach BIOTS und v. HUMBOLDTS Bestimmungen in 79° 1′ 41″ nördl. Breite, und 30° 2′ 5″ westl. Länge von Paris fällt; woraus sich dann der magnetische Erdäquator, als der von beiden Polen am weitesten abstehende Theilungskreis der Erde ergiebt. Vgl. w. u. §. 105.

BEMERK. 1) Die Abweichung der Magnetnadel ist 1) an den verschiedenen Orten der Erde verschieden. An Stellen wo die Richtung der Axe der Nadel mit dem Meridiane des Ortes parallel ist, fehlt die Abweichung ganz; eine solche Linie wo die Magnetnadel nicht variirt, beginnt im stillen Ocean, schneidet die westliche Spitze von Neuholland, durchläuft das indische Meer, beim Cap Camorin in Asien einschneidend, und im grossen indischen Archipelagus in zwei Arme auseinandertretend, deren einer durch Persien und das westliche Sibirien sich nach Lappland verläuft, während sich der andere nördlich durch den indischen Archipelagus nach China fortsetzt, und dasselbe durchschneidend sich dem östlichen Sibirien zuwendend. Man kann beide Linien als unveränderlich betrachten, da beide (die erstere in Neuholland) binnen 140 Jahren keine Verrückung erlitten haben. Eine dritte nicht feste (sich ostwestlich bewegende) Linie der Art, schneidet (einen Theil des atlantischen Oceans durchlaufend) den Meridian von Paris bei 65° S. B., wendet sich hier nord nord westlich bis 35° westl. Länge zur Küste von Paraguay, läuft dann in nördlicher Richtung längs der Küste von Brasilien bis in die Breite von Cayenne, geht von dort aus plötzlich nordwestlich den vereinten Staaten zu, und durch das ganze Festland von Nordamerika. Eine vierte von Cook im Südmeer entdeckte Linie ohne Abweichung umläuft ohne Zweifel ebenfalls die Erde wiewohl sie zur Zeit noch nicht weiter verfolgt worden ist. Entfernt man sich westlich oder östlich von einer dieser Linien, so zeigt die Nadel eine dieser Ent-

fernung entgegengesetzte Abweichung. Wie dieses zahlreiche Beobachtungen bezeugen; vergl. Berliner astron. Jahrb. für 1779. GILBERT's Annal. Bd. IV. S. 297. XX. 3. S. 259. Jahrg. 1808. 9 u. 10 St. Jahrg. 1809. 2 Bd. 1 St. S. 77. u. s. w. ERXLEBENS Anfangsgr. d. Naturl. 6te Aufl. §. 707—710. Desgl. GILBERT's Ann. XXVII. 468. XXX. 481. XXXII. 77. XXXV. 206. u. Ann. de Chim. et Phys. XI. 332. ff:

2) Diese Abweichung ist aber 2) an ein und demselben Orte nicht zu allen Zeiten dieselbe, sondern veränderlich (Variatio declinationis). Im Jahr 1580 war sie in Paris 11°30′ östlich, 1640 noch 3° östl., 1666 fehlte sie ganz, 1670 war sie ebendas. um 1°3′0 westlich, 1700 um 8°12′ westl. 1772 um 19°51′ westl. 1783 um 21°4′ westl. und jetzt scheint die westliche Abweichung (in unsern Gegenden) wieder abzunehmen. Vergl. auch GILPIN's Beob. in GILBERT's Ann. XXIX. 384. Endlich ist auch 3) CASSINI's) 1667—1691) Beob. zufolge (Journ. d. Phys. Bd. VII. S. 418 u. Bd. VIII. S. 433. ff.) die Abweichung an einem und demselben Orte, selbst noch täglichen periodischen Veränderungen (magnetischen Schwingungen: Oscillation. acus magnet.) unterworfen, die nicht sowohl, wie CANTON meint, von der täglichen und jährlichen Aenderung der Wärme, sondern wahrscheinlich von der grösseren Periode der Abweichung abhängen, und nach von HUMBOLDTS im span. Amerika angestellten Beob., täglich regelmässig viermal ab- und zunehmen, und so gleichsam vier (durch verschiedene Ursachen störbare) magnetische Ebben und Fluthen bilden. Nach COTTE ist die Abweichung 8 Uhr Morgens am kleinsten und 2 Uhr Nachmittags am gröſsten; nach GILPIN fällt das Minieum der Abweichung Morgens zwischen 7—8 und das Maxim. zwischen 1—2 Nachmittags; im Mittel betrugen diese Abweichungen, nach 12jährigen Beob. im März 8′5; im Juni 11′2; im Juli 19′6; im September 14′8 und im December 7′6 a. a. O. Ueber den vorübergehenden Einfluſs des Nordlichts auf die Nadel;

v. HUMBOLDT in GILBERT's Ann. XXIX. 42. Ueber den vorübergehenden Einfluſs d. Gewitter, GEHLEN's Wörterb. a. a. O. Vergl. GEHLENS n. Journ. d. Chem. V. 2. S. 242. J. MACDONALD in GILBERT's Ann. III. I. S. 121. G. GABR. HÄLLSTROEM resp. SNELLMANN de variationibus declinationis magneticae diurnis. Aboae 1803. Vergl. GILBERT's Ann. XIX. 3. S. 282. Abweichungskarten sind stets nur für einige Jahre brauchbar; eine der besten ist die des HALLEY, welche nach den zu Anfang des 18. Jahrh. gemachten Beob. verfertigt wurde. HALLEY glaubte, entgegen den Meinungen EULER's und TOBIAS MAYER's, auf zwei magnetische Axen der Erde schliessen zu dürfen; eine Meinung, die neulich HANSTEN (a. a. O. und SCHWEIGGER's N. Journ. VII; vgl. w. unt. §. 105.) mit Scharfsinn und auf vielfache Beobachtungen gestüzt in Schutz genommen hat. H's Folgerungen aus eigenen und fremden Beobachtungen gemäſs, giebt es nemlich unter einer Breite vier Orte ohne Abweichung was nur aus zwei magnetischen Axen der Erde, deren Südpole in den nördlichen Polgegenden und deren Nordpole in den südlichen Erdpolgegenden lägen, erklärbar sei.

3) Die mit Hülfe der Abweichungscompasse (Declinatorien) und Azimuthalcompasse auszumittelnde genaue Kenntniſs des Abweichungswinkels für einen gegebenen Ort, begründet die Möglichkeit, aus der Richtung der Magnetnadel die wahren Weltgegenden aufzufinden. Vergl. G. F. BRANDER Beschreib. eines magnet. Declinatorii u. Inclinatorii. Augsb. 1779. 8. PRONY's Declinatorium; GILBERT's Ann. XXVI. 275. COULOMB's mikroskopische Boussole; Mem. de l'acad. de sc. 1785. II. 213.

4) Zur Erläuterung des Gebrauchs der Schiffscompasse möge folgendes Beispiel dienen: gesetzt ein von einem gegebenen Orte auslaufendes Schiff, soll nach einem anderen Orte, der jenem genau gegen Westen liegt, hinseegeln; so muſs es der Steuermann so regie-

ren, dafs der Lauf desselben mit der Richtung des Magnets stets rechte Winkel bildet, indem er den Nordpol der Magnetnadel seines Compasses an der rechten Seite des Schiffes, und mithin den Südpol an der linken Seite desselben behält; denn indem die Nadel gegen Norden und Süden liegt, so ist die Richtung Ost und West (als der beabsichtigte Lauf des Schiffes) gerade senkrecht auf dieselbe. Auf ähnliche Weise läfst sich nun auch leicht bestimmen, wie das Schiff steuern mufs, wenn es in einer anderen Richtung fortgehen soll.

5) Will. Gilbert (in seinem trefflichen Werke: de magnete magneticisque corporibus et de magno magnete tellure physiologia nova. Lond. 1600 Fol.) gab den Magneten eine Kugelform, bezeichnete ihre Oberfläche mit den Polen, dem Aequator, dem Meridianen u. s. w. und nannte diese zur anschaulicheren Vergleichung mit der Erde gewählten Vorrichtungen Terrellen.

§. 104.

XXVII. Versuch. Eine genau gearbeitete (vor dem Streichen vollkommen wagerecht auf der Spitze schwebende) Magnetnadel, werde, in die Ebene des magnetischen Meridians gestellt, so aufgehängt, dafs sie sich in einer verticalen Ebene um ihren Mittelpunct drehen kann; sie wird sich unter einem gewissen Winkel gegen die Ebene des Horizonts neigen, der ebenfalls an verschiedenen Orten der Erde verschieden ist, und den man die Neigung oder Inclination der Magnetnadel (Inclinatio acus magneticae) nennt.

Bemerk. 1) Die beste Vorrichtung zu diesem Versuch ist in dem Neigungscompafs oder in der sogenannten Neigungsnadel gegeben, wo die Nadel mit Zapfen versehen ist, an welchen sie in der Mitte eines

Ringes hängt. Die Nadel mufs im magnet. Meridiane liegen, weil ausserdem, wenn ihre Axe nicht darin ist, die Neigungen grösser sind, und wenn sie jenen Meridian gar rechtwinklicht durchschneidet, sie völlig senkrecht steht. — Gute Inclinationsnadeln gehören zu den Seltenheiten; v. HUMBOLDT benutzte auf seinen Reisen eine solche, um die Stärke der magnetischen Erdanziehung an verschiedenen Orten der Erde zu bestimmen. SAUSSURE's Magnetometer, ein leichtes Pendel mit einer kleinen eisernen Kugel am unteren Ende, zu ähnlichen Bestimmungen von ihm angewendet (Voyage dans les alpes. I. Neuschatel 1779. 4. p. 375. II. Geneve 1786. p. 343) gehört auch hieher. — Nach COULOMB verhält sich die Kraft, welche erfordert wird, um eine Magnetnadel in irgend einer Entfernung von ihrem Meridiane zu erhalten, genau nach dem Sinus des Winkels, welchen die Richtung der Nadel mit ihrem Meridiane macht; vergl. GRENS Journ. d. Phys. II. 3. S. 293. Ueber VASALLI's Magnete ohne Abweichung und Neigung (die jedoch beider Veränderlichkeit wegen stets unvollkommen sind), vergl. GILBERT's Ann. III. 1. S. 116. MAYER: Beschreib. eines neuen Inclinationscompasses und der sichersten Art, die magnetische Neigung genau zu bestimmen; GILBERT's Ann. XVIII. 229. BERNOULLI's von BRANDES verbessertes Inclinatorium; a. a. O. 230. BORDA's Inclinat.; GREN's J. d. Phys. VII. 448.

2) Unter dem magnet. Aequator ist die Neigung der Nadel = 0, unter den magnet. Polen der Erde = 90°. Nördlich vom magnet. Aequator, also auf dem gröfsten Theile der nördl. Erdhalbkugel, neigt sich der Nordpol der Magnetnadel (der, wenn diese Neigung wie überhaupt Erfolg der Anziehung des ungleicharmigen Pols der Erde ist, eigentlich Südpol der Nadel, und ihr Südpol Nordpol heissen sollte), und südwärts von demselben ihr Südpol, ebenfalls nach dem Verhältnifs der Breite des Ortes hierin zunehmend. Im Jahr 1776 betrug die Neigung des Nordpols der Nadel

unter dem Horizont, 5°2′ nördl. Breite und 20°10′ westl. Länge: 37°25′; unter 24°24′ nördl. Breite und 18°11′ westl. Länge; 59°0′; unter 44°5 nördl. Breite und 8°10′ westl. Länge: 71°34′; unter 0°3′ südl. Breite und 28°38′ westl. Länge: 30°3′; unter 46°47′ südl. Breite und 166° 18′ östl. Länge, betrug im Jahr 1773 die Neigung des Südpols der Nadel unter dem Horizont 70°5′. Vergl. Cavallo a. a. O.

3) Die Neigung der Nadel ändert sich ebenfalls an einem und demselben Orte, und wie es scheint periodisch, jedoch minder merklich, als die Abweichung. Im Jahr 1576 stand in London der Nordpol der Neigungsnadel 71°50′ unter dem Horizont, und im Jahr 1775 erst bei 72°3′; es hatte sich also (wenn anders die Beobachtungen richtig sind) die Neigung in fast 200 Jahren kaum um einen Viertelsgrad geändert. Vergl. Cavallo a. a. O. Gilpins und Cavendisch gemachten Beob. zufolge, betrug die Neigung 1775 zu London 72°30′; im Jahr 1808 hingegen 70°21′; eine ähnliche Veränderung der Neigung ergab sich aus v. Humboldt's in Frankreich gemachten Beobachtungen; a. a. O. — Ritters starker Hufeisenmagnet (von Steinhäuser verfertigt) verlor einst von selbst ein grosses Anhängegewicht, und mufste eine Zeit hindurch mit kleineren Gewichten beschwert werden. Gruber's Magnet verlor den 21ten Decbr. 1789 (zu Polozko) plötzlich seine Wirksamkeit und erhielt sie erst nach 10 Stunden von selbst wieder; Intellig. Bl. d. Allg. Lit. Z. 1790. N. 56.

4) Hebt man eine, in der Ebene des magnetischen Meridians frei schwebende, unter den Horizont geneigte Nadel, gelinde in die Höhe, so dafs sie in derselben Lage bleibt, so sinkt sie vermöge ihres Neigungsverhältnisses wieder zurück, geht aber mit dem sinkenden Ende der Trägheit zufolge, über ihre vormalige Lage nach unten zu hinaus, steigt wieder und vermöge der Trägheit nach oben zu über den Neigungswinkel, und verhält sich so, gleich einem Pendel, eine Zeit hindurch in Schwingung; und zwar um so lebhafter schwin-

gend, je grösser die Intensität ihrer magnetischen Anziehung zur Erde ist. v. HUMBOLDT fand, dafs eine Nadel die auf angezeigte Weise in Paris innerhalb 10 Minuten 245 Schwingungen machte, in Peru in gleicher Zeit nur 211 oscillirte. Vergl. GILBERT's Annal. XX 3. S. 261. Im Allgemeinen ergab sich aus v. HUMBOLDT's Beob., dafs die Itensität zunimmt, so wie man von dem magnetischen Aequator gegen die magn. Pole fortgeht. Zu demselben Ergebnifs führen auch ROSSEL's zu Brest und auf Neuholland (bei der Expedition des Admiral ENTRECASTEAUX) angestellteBeobachtungen. Hingegen fanden BIOT und GAY-LUSSAC bei ihrer Luftreise (GILBERT a. a. O. XX. I. S. 24), dafs sich die Neigung der Nadel in einer Höhe von 1982 Toisen nicht änderte.

5) Der magnetische Aequator (d. i. die Linienfolge jener Punkte, wo die Neigung = 0 ist) ist als ein gröfster Kreis gegen den Erdäquator ungefähr unter einem Winkel von 12° geneigt, wie dieses jene Beobachtungen darthun, die auf einer Ausdehnung von mehr als 18°0 Länge im atlandischen Ocean, dem indischeh Meere und dem Theile des Südmeers, das die Küsten des mittäglichen Amerika bestreicht, angestellt wurden. Der westliche Knoten (d. i. sein westlicher Durchschnittspunkt mit dem Aequator) fällt 115°34′ westl. Länge von Paris, nemlich in das Südmeer, nahe bei der Insel Gallego, 900 Lieues von den Küsten Perus, der entgegengesetzte Knoten müfste hiernach 295°34′ westl. Länge von Paris fallen. Aber WILLIAM BAYLY's und COOK's auf zwei Schiffen im Jahr 1777 übereinstimmend gemachte Beobachtungen zeigten, dafs der magnetische Aequator, nachdem er den Erdäquator unter 115° westl. L. durchschnitten hat, wieder gegen den südlichen Theil der Erdkugel herabsteigt, und da BAYLY's (durch DALRYMPLE bestätigten) Beob. aufs Neue gegen den 7ten Grad nördl. Breite, in den Meeren von China bei 256° westl. Längen zeigen, so folgt, dafs zwischen dieser Länge und jener von 158° 30′ (welche COOK's Beob. gaben) der magnetische Ae-

quator und der Erdäquator (unabhängig vom östlichen in dem indischen Meere gegen 295° L. liegenden Knoten) mindestens noch einen Durchschnittspunkt haben, so dafs wenigstens drei, aber wahrscheinlich vier Knoten stattfinden, wenn sich der magnetische Aequator ohnfern seines westlichen Knotens etwas gegen Norden erhebt, ehe er gegen Süden (gegen den Archipel der Gesellschaftsinseln) hinabsteigt. Fig. 15. stellt die Reihe dieser Krümmungen dar.

6) Für jene Erdhälfte, welche Europa, Afrika, den atlantischen Ocean und die östlichen Küsten beider Amerika in sich fafst, ist der magnetische Aequator genau kreisförmig. Befolgte nun die Neigung stets dasselbe Gesetz, so müfsten ihre Maxima in zwey Gegenpunkte der Erde fallen, von denen der eine gegen Norden unter den 25ten Grad westl. Länge und $90^0 - 12^0 = 78^0$ nördl. Breite läge, während sich der andere, diametrisch entgegengesetzt, unter 205° westl. Länge und 78^0 südl. Breite befände, und beide Punkte würden demnach die Pole der einen magnetischen Erdaxe darstellen (vergl. S. 103. Bem. 1.) Nimmt man nun ohnfern des Mittelpunkts der Erde einen kleinen Magnet, oder statt dessen zwei sehr nahe liegende magnetische Mittelpunkte, deren Wirkungen sich auf alle Punkte der Erdoberfläche im »umgekehrten Verhältnifs des Quadrats der Entfernungen« (S. 427.) äussern, (wie bereits Tobias Mayer annahm) so kann man die Neigungen ziemlich genau in Zahlen ausdrücken; wie denn, wenn man die Punkte der Erde nach Länge und Breite auf den magnetischen Aequator bezieht, die Rechnung für alle Theile, für welche jene kreisförmige Gestalt zulässig ist, zeigt, dafs die Tangente der Neigung das Doppelte von der Tangente der magnetischen Breite ist. Anwendbar ist aber dieses Gesetz nur unter gewissen Abänderungen auf jene Erdtheile, welche dem Einflusse unterliegen, durch welchen der magnetische Aequator eingebogen wird.

7) Wendet man das Verhältnifs der Tangente auf irgend eine der südlichen Inseln des Südmeers z. B. auf Otaheiti (wo Cook so oft beobachtete) an, so findet man die südlichen Neigungen viel zu grofs, und hingegen für Länder im Norden von Amerika gegen dieselbe Länge hin viel zu klein; woraus zu folgen scheint, dafs gegen den Archipel des Südmeers hin, eine örtliche stöhrende Ursache (vielleicht ein eigenthümlicher Mittelpunkt magnetischer Kräfte) gegeben sei, die vorzüglich in dieser Halbkugel die ursprüngliche Mittelpunktswirkung (Bem. 7.) abändert. — Biot (a. a. O.) nimmt daher zur Erklärung der erwähnten Erscheinungen und jener der Abweichung an, dafs, wie schon Neigungen, Abweichungen und Intensitäten durch die Nachbarschaft grosser Gebirge plötzlich abgeändert werden: die Inseln mit denen das Südmeer besäet ist, nur die Spitzen sehr hoher Gebirge sind, die sich aus dem Ocean steil erhebend, oben mit nicht tiefen Madreporen-Schichten bedeckt, unten aus vulkanischen Massen bestehen, welche, die ausgedehnteste vulkanische Kette darstellend, gegen den Erdmagnetismus sich auf ähnliche Weise störend verhalten, wie dieses z. B. die Vulkane Europa's u. Amerika's wirklich thun; s. weiter unten §. 105. Bem. 4.

§. 105.

Sowohl die Stellung der Nadel überhaupt, als vorzüglich auch die Phänomene ihrer Abweichung und Neigung zeigen, dafs der Grund dieser Erscheinungen in einem mächtig entwickelten magnetischen Verhältnisse des Inneren der Erde zu suchen sei. Daher die schon von älteren Physikern aufgestellte Hypothese, eines in der Erde vorhandenen grossen Magnets, die wenigstens als Bild dazu dienen kann, jene Phänomene anschaulicher zu machen. Aber nicht blofs jene Phänomene, sonder-

überhaupt jeglicher Ausdruck magnetischer Kraft, scheint nur Folge von der magnetischen Erregung der Erde zu sein. Die selbstständig magnetischen Substanzen, das Eisen u. s. w. sind daher als eben soviele Massen anzusehen, die in ihrer eigenthümlichen Natur (Mischung und Bildungsmoment) in einer Einfachheit gehalten sind, welche die magnetische Erregung der Erde am ungetrübtesten zuläſst; bei allen übrigen Erdindividuen (die als eben soviele Ausbildungsmomente der Erde zu betrachten sind) geräth jenes Verhältniſs mit anderen Kräften der Natur mehr oder weniger in Wechselwirkung, und die als Erfolge eintretenden Phänomene solcher Erdindividuen erscheinen im gleichen Maase mehr verwickelt, minder rein magnetisch; wie hierüber die Geschichte der Erde nähere Auskunft giebt, von der wir in der Folge einige der wichtigeren Momente berühren werden.

Bemerk. 1) Der letzte Grund des Magnetismus kann aber nicht in der Erde, als Erde, sondern er muſs wohl in einem noch gemeinsameren Verhältnisse gesucht werden, wobei man sich zunächst an die Planetennatur und deren Gegensatz zur Sonne, und endlich an die Nachweisung der Möglichkeit eines Urgegensatzes überhaupt zu wenden hat; vgl. §. 1. B. 1. Eine Aufgabe deren Lösung in der speculativen Physik bisher mit mehr oder weniger Glück versucht wurde. Vergl. §. 2. N. 3. §. 3. N. 1. u. s. w. §. 20. u. 21. §. 25—27. Schelling in s. Weltseele. 3te Aufl. vorhergehende Abhdl. und s. Zeitschrift für specul. Phys.

2) Zu den verunglückten Hypothesen über das Wesen des Magnetismus und über den Grund seiner Phänomene gehören: de Cartes spiralförmig bewegte Wirbel und Schraubengänge im Magnet (Princip. philos.

IV. §. 113. u. s. w.); EULERS Kanäle mit Klappen, welche seinen hypotetisch angenommenen Aether nur in einer Richtung durchlassen (Opusc. III. Berol. 1751. 4.); die magnetische (elastische) Flüssigkeit des AEPINUS, die nur vom Eisen und ähnlichen Stoffen angezogen wird, alle andere Stoffe hingegen ohne Anziehung durchströhmen lassen (Sermo academ. de similitudine vis electr. et magneticae. Petropol. 1708; ins Deutsche übers. mit einer Abh. von Turmaline begleitet. Grätz 1771. Ejusd. Tentamen theoriae electr. et magnetismi. Petrop. 1759. 4.); KIRWANS Ideen über den Magnetismus (vergl. GILBERT's Ann. VI. 4. S. 391); EDM. HALLEY's Vermuthung, daſs die Erdkugel ein Magnet mit vier Polen sei, zur Erklärung der Abweichung und Neigung (Philos. transact. N. 195. p. 563. GEHLERS Wörterb. I. S. 24); die Annahme einer magnetischen Materie überhaupt u. m. a.

4) Einstweilen sei es hinreichend, statt einer zur Zeit noch nicht möglichen vollständigen Theorie des Magnetismus, an einige Verhältnisse zu erinnern, die einer künftigen Theorie zum Vorläufer dienen können. Dahin gehört der schon berührte Verkehr zwischen Cohärenz und Magnetismus; Eisen, Nickel, Kobald, Wodan, Silicium und zum Theil auch Uran gehören zu den cohärentesten Metallen und sind zugleich diejenigen, welche am vollkommensten des Magnetismus fähig sind (?) der Demant scheint ebenfalls magnetisch zu sein, und alles was die Cohärenz schwächt, schwächt auch den Magnetismus; s. oben S. 424. z. B. auch starke Erschütterung und öfteres Fallen auf harten Boden u.s.w. Vergl. RITTERS phys. chem. Abh. I. 6 S. 160—193. Ausserdem schwächen den Magnet die Ruhe (Mangel an Erregung), die zu anhaltende Berührung gleich starker gleichnamiger Pole (vergl. oben), zu weit getriebene Härtung, so daſs z. B. der Stahl sehr spröde wird; hingegen wird die Fähigkeit eiserner Dräthe für den Magnetismus durch Drehen erhöht (COULOMB in den Mem. de l'acad. de Paris. 1784. p. 166. v. ARNIM

in GILBERT's Ann. VIII. 1. S. 99), diejenige des metallischen Eisens überhaupt durch Aufnahme von Kohlenstoff (im Stahl, vergl. über den Gegensatz des Kohlenstoffs und Sauerstoffs im Magnet: in v. ARNIMS Ideen zu einer Theorie des Magneten, GILBERT's Ann. III. 1. S. 48). Beachtungswerrh sind in dieser Rücksicht auch STEFFENS Versuche, den Stickstoff und den Kohlenstoff als Vertreter des magnetischen Gegensatzes im chemischen Processe geltend zu machen; vgl. dessen Beiträge zur inneren Naturgeschichte der Erde. Freiberg 1801; das Verhältnifs des Wasserstoffs zu den Metallen (KASTNERS Beiträge I. Bd. S. 174 u. s. w. II. Bd.); die Versuche des DUC D'AYEN (ebendaselbst I. S. 175 u. s. f.) über Chlor und Eisen; das Verhältnifs des Eisens zu den übrigen Metallen, rücksichtlich seiner Fähigkeit sich mit Blaustoff zu verbinden; das geognostische Verhältnifs des Eisens (sein häufiges Vorkommen in nördlicheren Gegenden der Erde) und anderer Metalle (a. a. O. I. B. S. 140. u. s. w. II. B. S. 39 ff.); und so fern der Krystallisationsprocefs wenigstens zum Theil durch magnetische Verhältnisse veranlafst wird; die Bildung der Gebirgsmassen, die grössere Festigkeit ruhig erfolgter Krystallisationen, im Gegensatz der während ihrer Bildung von aussen gestörten u. m. a. Bemerkungen; s. oben S. 418 u. weiter unten Bem. 13.

4) Eines der beachtungswerthesten Verhältnisse des Magnetismus ist das zur Electricität und zu electrischen Phänomenen aller Art. Schon COTTE (CAVALLO. a. a. O.) bemerkte, dafs vor Erdbeben und vulcanischen Ausbrüchen »die Magnetnadel oft höchst ausserordentlichen Bewegungen unterworfen sei«; dafs vor und nach der Erscheinung von Nordlichtern die Nadel beunruhiget werde; s. oben S. 431. und S. 439. ff. Aufmerksamkeit verdient in dieser Hinsicht auch die Beobachtung, dafs die Explosionen der Feuerkugeln und die Blitze der Gewitter häufig genau in der Richtung des magnetischen Meridians geschehen; dafs Eisen (und etwas Nickel, Chrom u. s. w.) die Hauptmasse

der Meteorsteine bildet u. s. w., vergl. RITTER a. a. O. III. Bd. S. 164—186 und 187—216 u. s. f.

5) Ueber die von einem Engländer vorgegebene einmalige Umdrehung einer Magnetnadel um ihre Achse, während sie einmal um die Erde (nach der Richtung der Breite) herumgeführt wird; über v. HUMBOLDTS Parallelismus der Gebirgslager; über eine neue, nicht geradezu electrisch zu nennende, Polarität der Erde; über RITTERS aus GAY-LUSSACS Beobachtungen gefolgerte Vermuthung, »dafs sich der Erdmagnetismus bis zum Monde erstrecke, und die Geschichte der Veränderungen des Erdmagnetismus, zuletzt zu betrachten sei als die des Eingreifens gleicher, weit sich ausbreitenden Magnetismen der übrigen Weltkörper, zunächst des Mondes und der Sonne, vergl. RITTER a. a. O. S. 313 u. s. f. VOIGTS Magaz. Bd. VIII. S. 508—522. u. oben S. 484.

6) Da BIOT und GAY-LUSSAC in beträchtlicher, mit dem Luftballon bewirkter Steighöhe keine merkliche Abnahme der magnetischen Wirksamkeit der Erde wahrnahmen (S. 444.), so scheint dieses die Vermuthung zu bestätigen, dafs der Erdmagnetismns, umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen abnehmend, sich unbestimmt in den Weltraum erstrecke, und mit dem analogisch annehmbaren Magnetismus anderer Weltkörper (zunächst der Sonne, des Mondes, der Planeten) nach Art der Gravitation in Gegenwirkung gerathe, und dafs es in diesem Sinne ähnliche ausserirdische Störungen für den Erdmagnetismus gebe, als es dergleichen für die Erdschwere giebt (S. 192.) vgl. ESCHENMAYER und SCHELLING a. a. O. S. 437. m. Abhandl. in d. Studien II. (Heidelberg 1806. 8.), BIOT a. a. O. SCHÜBLER, SCHWEIGGER, HELLER, W. PFAFF u. A. in SCHWEIGGER's Journ. III. 127. IV. 22. VIII 297. X. 4. 7. IX. 335. HANSTEN ebendas. VII. 97. u. ff.

7) HANSTEN, der zwei magnetische Erdaxen und mithin vier magnetische Pole der Erde annimmt, sucht zu zeigen, dafs sich die magnetischen Südpole mit den magnetischen Nordpolen in entgegengesetzter Richtung

bewegen, erstere ostwestlich, letztere westöstlich, und dafs diesen Bewegungen gemäfs alle durch die Wirkung unserer Erde auf die Magnetnadel hervorgebrachte Erscheinungen (S. 437. S. 441.) erklärt werden können. Die Zeiten der Umdrehung dieser vier Pole sein ungefähr im Verhältnifs der Zahlen 2, 3, 4, u. 10, und in Jahren ausgedrückt: 864, 1296, 1728, und 4320 Jahre; die Zeit, welche verfliefsen würde, bis alle 4 Pole wieder dieselben Orte einnehmen, an welchen sie zu bestimmter gleicher Zeit waren (oder jetzt sind) kommt mit dem grossen, platonischen Jahre (S. 262.) genau überein; sie ist nemlich ein Zeitraum von 25920 Jahren. Während dieser Zeit (von Hansten die grosse magnetische Periode genannt) hat der sibirische Pol 30 Umdrehungen zu machen, der Südpol von Amerika 20, der Nordpol von Amerika 15 und der Südpol von Neuholland 6. Die Lage welche die magnetischen Axen, vorzüglich die der Sonne und des Mondes, gegen den Horizont eines Ortes und gegen die ruhende Magnetnadel haben, ist nothwendig verschieden nach den Stunden des Tages und nach den Jahreszeiten. Sonach werden beide Himmelskörper kleine tägliche und jährliche Oscillationen veranlafsen, die jedoch — nach Maassgabe der Breite jedes Ortes und vielleicht auch örtlicher Einflüsse — im Einzelnen Abweichungen gestatten dürften.

8) Die Zahlen 864, 1296, 1728 und 4320 gehören (nach Schweigger a. a. O.) zu den berühmten indischen vier Perioden der Weltdauer, welche von den Indiern Yug genannt werden. Die erste indische Periode, Satya Yug (oder die Wahrheits-Periode) genannt, umfafst nemlich 1728000 Jahre; die zweite Treta Yug (oder die der drei heiligen Feuer-Periode) 1296000 Jahre; die dritte Dwaper Yug (oder die Zweifels-Periode), 864000 und die vierte, in der wir uns gegenwärtig befinden, Cali Yug (oder die Unglücksperiode) 432000 Jahre. Es lassen sich ferner jene Zahlen durch Interpolation in eine Reihe bringen, welche gleichfalls in ihren ersten acht

Gliedern aus indischen Zahlen besteht; SCHWEIGGER nennt sie die magnetische Reihe; sie giebt auf die Potenz $\frac{3}{2}$ in ihren einzelnen Gliedern erhoben, die Reihe der Trabantenumlaufszeiten; doch entzieht sich jedesmal der letzte Trabant dem Gesetz, weil er in planetarische Natur übergeht, und bei den Uranustrabanten zeigen schon die drei letzten Monde eine dem planetarischen Gesetz entsprechende Entfernung; vergl. oben. S. 224. Dieselbe Reihe giebt nemlich auf die Potenz $\frac{9}{4}$ erhoben, die Reihe der planetarische Umläufe; wobei jedoch eine Correction aus der Axendrehung der Planeten nöthig ist, wozu bei den von Trabanten begleiteten noch ein auf die Monde sich beziehender Factor kommt.

9) Auch Dr. G. C. H. SANDER (dessen: die Veränderung des Standes der Magnetnadel durch das einfachste Naturgesetz erläutert. Nordhausen 1815. 4.) sucht die Ursache der Verrückung des Erdmagnetismus in ausser irdischen Einflüssen, und zwar in dem gleichzeitigen Fortgange eines Planeten. Mit TOBIAS MEYER (S. 440.) annehmend, *a*) dafs die jährliche Aenderung der (westlichen, jetzt stille stehenden oder bereits abnehmenden) Richtung der Nadel, in den nordeuropäischen Gegenden aus der Verrückung eines Magnets entstehe, welcher sich jährlich um 0,001 des Halbmessers der Erde, vom Mittelpunkte derselben weg, und zwar dem Theil der Erdoberfläche zu bewege, den das stille Meer bedeckt (und deren Grösse hiernach für die Entfernung einer geraden durch den Mittelpunkt der Erde und den des Magnets gezogenen Linie von der Insel Ferro, jährlich 8 Minuten der Breite und 14 Min. der Länge betrage) *b*) dafs die Kraft dieses nur zweipoligen Erdmagnets abnehme, wie die Würfel der Entfernungen zunehmen und *c*) dafs gemäfs der BURKHARD'schen Bestimmung die Magnetnadel (für Paris) binnen 430 Jahren einen Raum der Boussole von 48° 22′ (als Maximum ihrer Veränderlichkeit) durchlaufe, und *d*) unter den bekannten Planeten keinen findend, welche bei bemerkter Wirkungsabnahme, die erwähnte Richtungsän-

derung der Nadel zu veranlassen vermöge, nimmt Sander an, dafs jenseits das Uranus ein Planet existire, der eine Umlaufszeit von 1720 Jahren oder diesem Zeitraum nahe kommend besitze, durch dessen Einwirken jene Aenderungen des Erdmagnetismus bewirkt würden. (Wenn ausser dem Uranus noch Planeten unseres Sonnensystems vorhanden sind, so dürfte, gemäfs der Progression in welcher die Abstände der Planeten von der Sonne zunehmen — S. 259. —, wenn man die Entfernung des Uranus = 19,18362 Halbmesser der Erdbahn setzt, der nächste Planet bei einer Entfernung von 38,8 Halbmesser d. Erdb. 241,68 Jahre, der darauf folgende bei einer Ferne von 77,2 Halbmesser d. Edb, 678,28 Jahre und erst bei einer Entfernung von 154 Erdbahnhalbmessern 1910,65 JahreUmlaufszeit haben.)

10) Schübler (Schweigger's Journ. III. 123 u. Beilage) suchte zu zeigen, dafs eine völlige Uebereinstimmung zwischen der täglichen Variation des Barometerstandes, der Magnetnadel und der Luftelectricität statt finde, und v. Yelin (Versuche und Beob. zur nähern Kenntnifs der Zambonischen trocknen Säule. München 1820. 4. S. 68.) wiefs diese Bemerkungen bestätigend und Ramond's hieher gehörige Barometerbeobachtungen berücksichtigend; auf eigene nicht ganz achtmonathliche mühevolle Beobachtungen gestüzt, schon jetzt für die mittleren Gegenden Deutschlands die — nun auch in magnetischer Hinsicht wichtige — periodische Ebbe und Fluth des Barometerstandes nach, der zufolge die beiden Maxima um 10 Uhr Morgens und 9 Uhr Abends und die beiden Minima zwischen 3 u. 4 Uhr Abends und Morgens eintreten. — v. Yelin fügt hinzu: man findet bei den Höhenmessungen (S. 343.) nur diejenigen scharf und richtig, welche genau zur Zeit des Minimums der Barometerstände genommen sind, und so ergiebt sich für unsere Gegenden; dafs solche Messungen in Baiern Nachmittags gegen ½ vier Uhr angestellt werden müssen, um genaue Resultate zu gewäh-

ren, was für topographische Aufnahmen von Wichtigkeit sein kann. Es nimmt derselbe zur Erklärung des Zusammenhanges oben bemerkter Variationen an, dafs die ganze Erde ein grosser, wärmeelektrischer Krystall, ein elektrischer Magnet sei; vergl. dessen: Ueber Magnetismus und Elektricität als identische und Urkräfte. München 1818. 4.

11) Steinhäuser, von äussern Bestimmungsgründen der Richtungs - Aenderung der Magnetnadel abstrahirend, sucht nicht nur die Quelle des Magnetismus in der Erde, sondern auch jene der Richtungsänderungen der Nadel, indem er annimmt, dafs ein stark magnetischer Körper (ein angeblicher Planet, von ihm Minerva genannt — vor deren Geburt die Cohärenz der Erdrinde uns schützen möge!) im Innern der Erde, im Abstande von $\frac{1}{5}$ des Erdhalbmessers binnen 440 Jahren den Erdmittelpunkt umlaufe, und dadurch alle magnetischen Erscheinungen bewirke, die wir auf der Erdoberfläche wahrnehmen. Zugleich zeigt Steinhäuser, dafs, wenn der auf die Horizontalebene eines Ortes projicirte Mittelpunkt der magnetischen Anziehung, in dieser Ebene, um den Ort einen Kreis in 440 Jahren beschreibe, sich wenigstens aus 3 Beobachtungen dieser Kreis und daraus wieder die Declination für bestimmte Jahre berechnen lasse; Berechnungen, welche für London, Paris, Kopenhagen und das Vorgebirg der guten Hoffnung mit den Beobachsungen nahe überein kommen; Gilbert's Ann. LVII. 393—416. LVIII. 169.

12) Vergl. auch C. C. Lous: Tentamina experimentorum ad compassum perficiendum etc Hafniae 1775. 4. Die daselbst pag. 127—129 aus vielen älteren Beob. über die Abweichung und Neigung der Nadel gezogenen Schlüsse. — J. G. Steinhäuser: De Magnetismo Telluris. Commentationes mathematico physicae Sect. I. c. Fig. Vitebergae CIƆIƆCCCVI. 4. Sect. II. MDCCCX. 4.—

13) So zahlreich auch die Beobachtungen über die Variation der Nadel sind, so scheint eine Theorie der mag-

netischen Erscheinungen doch nur dann möglich zu werden, wenn zuvor auf dem Wege des Experiments ausgemittelt ist, in welchem Maasse die übrigen irdischen Wirksamkeiten (zunächst jene des Electricismus und Chemismus) in die magnetische Wirksamkeit einzelner Stoffe eingreifen, und durch diese wiederum, so wie durch jene der Erde bestimmt werden, und da sich unter allen Phänomenen das der Verkörperung (oder regelmässigen Erstarrung) des Flüssigen, als Mittel darzubieten scheint: den Einfluſs des Erdmagnetismus und dessen Verkehr mit den elektrischen und chemischen Ziehbestimmungen der Einzelnen zu erforschen, so verspahren wir die versuchte Nachweisung des gesetzmässigen Zusammenhangs hieher gehörigen Erscheinungen bis zum XII. Cap.; zunächst nur daran erinnernd *a*) daſs im Magnetismus die Gegenthätigkeit nur in Form von »Kräften« wirksam ist, während *b*) bei dem Electricismus einzelne »Träger der Kräfte«, die beiden Electricitäten (das + E und — E) gegeben sind, welche in Beziehung auf räumliches Dasein zwischen der Natur freier bewegender Kräfte und jener der beweglichen, raumerfüllenden Substanzen gleichsam das Mittel halten; *c*) daſs im Chemismus die raumerfüllende Masse als gegenthätige zur Wirksamkeit gelangt, jedoch ohne im Wirken nur auf Masse beschränkt zu sein (denn die chemische ziehende Materien ist rücksichtlich ihres Gegenwirkens nicht nur electrisch bestimmbar, sondern findet auch in der chemisch zu bindenden »Wärme« und in der chemisch bindbaren »Luft« ein Entgegenwirkendes; *d*) daſs im Organismus sowohl polare Gegenkräfte, als auch electrische Kraftträger und chemischer Gegensatz der Massen, mit Wärme und Licht in Wechselwirkung begriffen, die »Schwere« des Einzelwesens in sich erneuen und so eigenthümliche Kreise des Wirkens beschreiben machen; und *e*) daſs im Organismus der vereinte Wechseltausch der genannten Gewalten weder jene Ruhe eintreten läſst, durch welche alles zu demselben gehörende Raumerfüllende an den Mittelpunkt der Schwereziehung gebannt erscheinen würde, noch jene Bewegung, welche in der ausdehnenden Wärme und dem entstrahlenden Lichte statt des Mittelpunkts den unendlichen Raum zum Ziele zu nehmen bestimmt wird; vergl. S. 131 u. ff. u. weiter unten Cap. VIII.

V. CAPITEL.

VON DER ELECTRICITÄT.

A) Von der Erregung des electrischen Verhältnisses.

§. 106.

XXVIII. Versuch. Ein Stück Bernstein (oder statt dessen: feines Siegellack, Schwefel, Seide, Harz, Glas) werde einige Zeit hindurch (gegen wollenes Tuch) gerieben: es wird leichte Körperchen z. B. Papierschnitzel, Bärlappsaamen u. s. w. (denselben auf einige Linien genähert) anziehen und nach einiger Zeit wiederum abstossen. Diese electrische Beschaffenheit des Bernsteins wird einige Zeit hin durch fortdauern; allmählig schwächer werden, endlich aufhören, und um nun wieder einzutreten einer neuen Reibung des Bernsteins bedürfen.

Bemerk. 1) Schon Thales soll diese Erscheinung gekannt haben. Bestimmt gedenkt Theophrastus Eresius (περι λιϑων c. 53. 300 Jahre vor Christi Geb.) derselben, sowohl bei dem Bernstein Ηλεκτρον, Elec-

trum, Succinum) als auch bei dem Lynkurer (den WATSON für den Turmalin oder edlen Schörl, andere für den Hiazynth der Mineralogen halten); und ausserdem kommt sie bei PLINIUS (Hist. natur. XXXVII. 3.); STRABO (Geogr. L. XV. A. II. p. 1029, ed. Almclov.), DIOSCORIDES (L. II. C. 100.) und PLUTARCH (Sympos. I. 7.) vor. Auch soll sie an dem geriebenen Gagat schon sehr frühe gekannt gewesen sein; jedoch wurde die Kenntnifs derselben bis auf WILL. GILBERT (a. a. O.) wenig oder gar nicht erweitert, der den electrischen Zustand am Glase, Schwefel, Siegellack und an den meisten Edelsteinen, als durch Reibung erweckbar nachwiefs. Vergl. PRIESTLEY's Geschichte der Electricität ins Deutsche übers. Berlin u. Stralsund 1772. 4. und FISCHERS Geschichte der Physik. Die griechische Benennung des Bernsteins, soll zu dem Namen Electricität die erste Veranlassung gegeben haben. Ausserdem nannten die Alten auch ein besonderes Gemisch aus Gold und Silber Electrum; vergl. PLINIUS a. a. O. L. XXXIII. C. IV. JOSEPH Theoria fulminum per electricitatem illustrat. Dissert. Heidelberg 1771. 8.

2) Die Hervorrufung der Electricität in und an den Körpern, ist so mannichfach als es die Umstände sind, unter denen überhaupt die Körper zur Wirkung nach aussen bestimmt worden; und unter denen sie mehr oder weniger Veränderung ihrer selbst erleiden. Die allgemeinste Bedingung unter denen electricitätsfähige Körper electrisch werden, ist die Berührung ungleichwerthiger Substanzen, und daher auch zunächst die Reibung, und zwar in dem Maase als sie drückend und erschütternd erfolgt, während eine regelmässige sanfte Reibung oder statt derselben blosser Druck, von geringerem Erfolge begleitet zu sein pflegt; ausserdem werden solche Körper electrisch durch Zusammendruck (z. B. einzelner Kalkspathblättchen, Glasplatten u. s. w.) Stofs, Beleuchtung, Erwärmung, Schmelzung, Verdampfung und Ver-

flüchtigung aller Art, Pulvern, plötzliche Verdünnung z. B. expansibeler Flüssigkeiten, Erkältung, Mischung und Entmischung, vorzüglich beim Verbrennen, bei der Auflösung von Metallen (z. B. Eisen) in Säuren, bei der Salzbildung u. s. w.; bei der natürlichen Bewegung thierischer und vegetabilischer Säfte und anderer Flüssigkeiten, so wie überhaupt bei den organischen Lebensprocessen; ferner bei der Bewegung der auf Merkur schwimmenden Bernsteinsäure, Benzoessäure und des Kampfers; bei Hinleitung starker Luftströhme auf andere Substanzen, bei der Bewegung der Luftschichten und Wolken u. s. w.

3) Schmidt (in seiner Schrift: Vom Zitterstoff oder Electrogen und dessen Wirkungen in der Natur. Breslau I u. III. Thl. 1803—1805. 8.) will an dem (meistentheils rothen) electrisch überladenen Gewölke eine Streifen bildende, ströhmende Bewegung bemerkt haben, die in allen electrischen Körpern in verschiedenem Grade gegeben sein soll. Da der Ausdruck: Electricität nur eine bestimmte Qualität der Körper bezeichne, so schlägt S. vor, dort wo man von der Electricität als von einem eigenthümlichen Wesen spricht, Zitterstoff statt Electricität zu sagen und letztere Benennung blofs zur Bezeichnung der Zustände und Qualitäten anzuwenden, welche durch den Zitterstoff oder durch das sogenannte electrische Fluidum hervorgerufen werden.

4) Eine Menge von Phänomenen, welche theils unsere Sinnesorgane auf eine eigenthümliche Weise afficiren, theils eben so besondere Wirkungen auf andere Subanzen, welche mit denen das Phänomen gewährenden Körpern in Berührung gesetzt sind, ausüben, machen für uns das electrische Verhältnifs wahrnehmbar, und werden insgesammt unter der Benennung electrische Erscheinungen begriffen. Ohnerachtet sie mit fast allen übrigen Naturthätigkeiten in Beziehung stehen, und

mit mancher derselben, z. B. mit dem Magnetismus, grosse Aehnlichkeit haben; so sind sie doch eigenthümlich genug, um von diesen gehörig unterschieden werden zu können; und bei aller Verschiedenheit die unter ihnen selbst statt findet, kommen sie hingegen doch darin überein, dafs sie als Erfolge der Flächenwirkung der Körper hervorgehen, und mithin die Electricität überhaupt als Flächenphänomene auffassen lassen; s. oben S. 455.

5) Hat man in dem obigen Vers, anstatt des Bernsteins einen Glascylinder oder eine Glasscheibe durch Reiben electrisirt, so bemerkt man ausser denen dort angeführten Phänomenen noch folgende: das der Scheibe genäherte Gesicht erhält eine ähnliche Empfindung als diejenige ist, welche Spinnweben verursachen würden, die man öfters übers Gesicht zieht; die Kopfhaare bewegen sich gegen die Scheibe, und zugleich bemerkt man einen eigenthümlichen dem Phosphor (oder vielmehr dem braunen Wallfischthrane) ähnlichen Geruch, und nähert man der Röhre oder Scheibe den Knöchel eines Fingers, so entwickelt sich plötzlich mit Geräusch ein Funke (Scintilla electrica, zuerst von O. v. Guerike. — Experiment. Magdeburg etc. Amst. 1772. Fol. L. IV. Cap. 15. — beobachtet), der gleichzeitig in dem Finger ein brennendes Stechen verursacht.

B) Von der Leitung und Isolation der Electricität.

§. 107.

Nähert man im vorigem Versuche dem durch Reibung hinreichend electrisirten Glascylinder, einen starken vollkommen abgerundeten Metalldrath, der entweder auf gläsernen Füssen ruht, oder in seidenen Schnüren hängt; so bricht bei gehöriger Annäherung ein noch stärkerer Funke hervor, als der in N. 5. des vorigen §. bemerkte und das Metall ist electrisirt, und bleibt es eine Zeit hindurch, oder

vielmehr so lange, als seine nächste Umgebung noch isolirt; verliert hingegen augenblicklich seine Electricität, wenn es von leitenden Körpern berührt wird. Nähert man dem geriebenen Glascylinder statt des Metalls eine Glasröhre, oder trockne Seide, Schwefel u. s. w. so erfolgt kein Funke, und die Röhre bleibt unelectrisirt. Um sowohl diese als auch die meisten der folgenden Versuche mit Leichtigkeit, in kurzer Zeit und mit der gehörigen Stärke anzustellen, entwickelt man die Electricität zweckmässig mit gut eingerichteten Electrisirmaschinen.

Bemerk. 1) Befindet sich Seide, Glas u. s. w. als Zwischenlage zwischen dem Metalle und dem electrischen Glascylinder, so wird das Metall electrisirt, und ruhet das Metall nicht auf Glas oder in Seide (Siegellack u. s. w.) sondern statt dessen in der Hand eines mit der Erde in Berührung stehenden Menschen, oder in einer die Erde berührenden Mauer u. s. w.; so zeigt sich das Metall nach Ausbruch des Funkens zwischen ihm und dem electr. Glascylinder nicht selbst electrisch. Auch wird das Metall keineswegs durch Reiben mit Wolle u. s. w. merklich electrisch, und vermag gerieben noch weniger andere damit in Berührung gebrachte Körper zu electrisiren. Es folgt aus diesen Erscheinungen, dafs das Metall, die Erde, der Mensch u. s. w. von electrisirten Körpern zu einem ähnlichen Zustande erregt werden, oder wie man sich in der physischen Kunstaussprache ausdrückt — leiten, während die Seide, Glas u. s. w. die Fortsetzung und Uebertragung jenes Verhältnisses, auf andere Körper, und auf sich selbst hemmen, unterbrechen, oder isoliren. Dem zufolge theilt man alle Substanzen in Leiter (Conductores) und Nichtleiter (non conductores, Isolatoren). Sofern die ersteren durch das Leiten zeigen, dafs jenes Verhältnifs erst in ihnen aufgeregt werden mufs,

sie selbst aber durch blosses Reiben wenigstens in keinem bedeutenden Grade dazu gelangen, die anderen hingegen, durch das Nichtleiten anzeigen, dafs sie jener Aufregung durch bereits electrisirte Körper nicht bedürfen, und durch blosses Reiben u. s. w. in jenen Zustand versetzt werden können; — hat man die Leiter auch unelectrische (anelectrica) und die Isolatoren eigentlich electrische, oder an-sich-electrische Körper (Corpora electrica oder idioelectrica) genannt. Diese Eintheilung ist jedoch unpassend, und ihre Bedeutung überhaupt nur relativ gültig. Auch kennt man keinen Körper, der vollkommen und durchaus isolirt, so wie auch keinen absoluten Leiter. Mehrere isolirende Substanzen werden unter gewissen oftmals zufälligen Umständen, z. B. durch Feuchtigkeit, zu Leitern, und viele sind im gleichem Maase Leiter und Nichtleiter zugleich; man nennt diese uneigentlich Halbleiter z. B. trocknes kaltes Holz, trockner Marmor u. s. w. Folgende unter ihnen gehen durch scharfes Trocknen in Isolatoren über: Marmor, Leder, Papier, Wachstuch, Federn, Knochen, Elfenbein, gedörrtes Eiweifs u. s. w. — Zu den Isolatoren zählt man das Glas, die meisten Verglasungen, die Edelsteine, den Turmalin, den Bergkrystall, mehrere ähnliche Fossilien, alle Harze, Erdharze, den Bernstein, die Steinkohlen, den Schwefel, das Wachs, die Seide, trockne Baumwolle, Federn, Wolle, Haare, fette und ätherische Oele, die vollkommenen Metalloxyde, trockne Luft, Weingeist etc. — Zu den Leitern gehören besonders die Metalle (die zugleich die am leichtesten mitthönenden Körper sind) im regulinischen Zustande, Wasser, Nebel, Rauch, alle wässrigen Pflanzen- und Thiersäfte, Holzkohle, Salzlösungen, feuchte Luft, feuchtes Holz, die Erde, — glühendes Glas u. s. w. Weingeist, ätherische Oele u. s. w. werden nur zu Leitern, insofern sie Wasser enthalten oder hinreichend erhitzt wurden; das geschmolzene Harz, der Schwefel u. s. w. leiten jedoch nicht nur vermöge des geschmol-

zenen Krystallwassers; bei den Halbleitern hingegen kann der Grad ihrer Leitungsfähigkeit als Mittel dienen, die Menge des enthaltenen Wassers zu bestimmen. Die sämmtlichen Leiter (symperielectrische Körper) theilt man nach VOLTA in Leiter der I. und IIten Klasse, jedoch ist auch diese Eintheilung nur von relativer Bedeutung; zur ersteren gehören die Metalle (deren Leitungsfähigkeit mit der Schmelzbarkeit durch den electrischen Funken im umgekehrten Verhältnisse steht; so z. B. ist Kupfer durch den electrischen Funken am wenigsten schmelzbar, leitet hingegen am besten) die, nach VAN MARUM in abnehmender Stärke leitend, nachstehende Reihe bilden: Kupfer, Gold, Silber, Messing, Eisen, Zinn, Blei, Zink; — ferner Kohle und alle übrige trockne leitende Körper; — zur zweiten die sämmtlichen flüssigen Leiter, die als solche gleichzeitig mit den electrischen Verhältnissen den chemischen Procefs einzuleiten vermögen, und zwar nach Maasgabe ihres Wassergehalts, durch dessen Gegebensein und Vermittelung dann Oxydation des Leiters der ersten Klasse einzutreten vermag. (Nach RITTER sollen Starrheit, Isolation und Brennbarkeit und diesen phys. Werthen entgegen: Fluidität, Leitung und Verbranntheit mitsammen gegeben sein; dessen Elektrisches System d. Körper. Leipz. 1805. 8. Dagegen PFAFF in GEHLEN's Journ. V. 82. ff. — Sofern die Isolatoren durch Erhizzung in Leiter übergehen, rücken sie gewöhnlich in die 2te Klasse der Leiter hinauf, d. h. leiten mit einer Geschwindigkeit, welche in der Regel jener der flüssigen Leiter näher steht, als jener der festen. Ueberhaupt sind aber Leiter und Isolatoren hinsichtlich der Fähigkeit zu leiten nicht specifisch, sondern nur dem Grade nach verschieden. Der beste Leiter isolirt noch in einem gewissen Grade, und der beste Isolator noch mit einer gewissen Stärke. — Leiter und Isolatoren bilden daher (und aus anderen, nachher aufzuführenden Gründen) nur eine grosse Reihe, die unter sich nach

Ritter eine ähnliche erste und zweite Klasse darzustellen im Stande ist, als dieses bei den Leitern für sich statt findet.

2) Schon R. Boyle fand, daſs Trockenheit und Wärme die Electricitätserregung durch Reibung (Stoſs, Druck und Zusammendruck) begünstigen, und daſs rücksichtlich der Leitung ein bedeutender Unterschied zwischen den Körpern existire. Otto v. Guerike und späterhin Hawksbee (Physico mechanical experiments. Lond. 1709. 4.) bemerkten das Geräusch des electrischen Ausströhmens und das Gefühl von Spinnweben, und der erstere bediente sich zu seinen Versuchen zuerst einer (Kugel) Maschine (eine Schwefelkugel, H. eine Glaskugel), während man sonst (und auch noch späterhin) bloſs mit geriebenen Glasröhren experimentirt hatte. Auch stellte Hawksbee die ersten Versuche über den electr. Funken in der Guerikeschen Leere an; worüber die späteren Beobachtungen eines Hanley (von ihm in der sogenannten Kleistischen Leere oder dem Leidner Vacuum angestellt, d. i. eine Leidnerflasche — der später gedacht werden wird — in der durch die Luftpumpe die enthaltene Luft verdünnt worden ist), Muschenbroek, Morgan und Eandi (Fischers phys. Wörterb. 1. 882. u. 884.) Watsch, Erman (Gilberts Annal. XI. 160—165.) und Hildebrandt in Schweigger's Journ. I. 237. dahin entschieden haben, daſs eine sehr verdünnte Luft z.B. die der Guerikeschen Leere, leite und eine auffallende Verbreitung des electr. Lichtes gestatte, der leere Raum hingegen, z.B. die vollkommene Torricellische Leere keinesweges; sondern während sich die Electricität durch die Guerikesche Leere ströhmend ergieſst, vereint sie sich innerhalb der Torricellischen Leere widerum zum zusammenhängenden Funken.

3) Die im obigen Versuche gemachte Beobachtung, daſs leitende Substanzen, welche mit electrisirten Isolatoren in Verbindung stehen, dann selbst electrisch

werden, wenn sie an fernerer Ableitung durch umgebende Isolatoren gehindert sind, machte zuerst Stephan Gray 1728, und stützte darauf das Verfahren, Menschen, Thiere u.s.w., wenn sie isolirt sind, durch Mittheilung zu electrisiren. Mitgetheilte Electricität (Electricitas communicata s. derivata) nennt man nämlich jene auf beschriebenem Wege dem isolirten Leiter ertheilte, im Gegensatze der ursprünglichen Electricität der Nichtleiter (Electricitas originaria). Nach Oerstedt's Beob. geschieht diese Mittheilung undulatorisch d. i. in abwechselnden — starken (expansiven, stark geleiteten) und schwachen (contractiven, minder geleiteten oder fast isolirenden) Schwingungen. Vergl. Gehlens N. A. Journ. d. Phys. VI. Bd. 3 Hft. und Oerstedt's Mem. sur la propagation de l'électricité. Im Journ. de Phys. etc. p. Delametrie. Paris An. 1806. Mai. und Kastners Grundr. d. Chem. S. 198. u. Einleit. in d. n. Chem. 3 Abschn.) — Bringt man einen isolirten electrisirten Leiter mit einem nicht electrisirten in Berührung, so verliert der erstere auf einmal seine ganze Electricität, während in einem electrisirten Isolator nur durch wiederholtes Berühren und nur an der berührten Stelle das electrische Verhältniſs aufgehoben wird. Durch electrisirte und isolirte Leiter werden Isolatoren auf dem Wege der Mittheilung sehr wenig electrisch, und um sie überhaupt durch andere bereits electrische Körper zu electrisiren, müssen sie anhaltend an mehreren Stellen damit berührt werden. — Die Stärke des mitgetheilten electrischen Verhältnisses, richtet sich als Flächenproceſs nicht nach der Menge der vorhandenen Masse, sondern nach der Oberfläche und Längenausdehnung der Leiter, und überhaupt tritt das Verhältniſs der mitgetheilten Electricität bei dem Leiter zunächst nur auf der Oberfläche ein, und es kommt dabei nach Coulomb nicht auf die Verschiedenheit oder chemische Aehnlichkeit der Massen, sondern auf die Gleichheit der Massenquantität, und deren Umfänge an.

(Wiewohl die Metalle auch ununterbrochene oder sich anhaltend erneuende electrische Ströhme innerhalb ihrer Substanz, an den Flächen ihrer Krystalltheile leiten). In feuchten Leitern pflanzt sich hingegen die Electricität durch die ganze Substanz (jedoch gewöhnlich zunächst vorzüglich nur in der Ströhmungsrichtung) fort, und folgen sich hiebei die einströhmenden Electricitätsmengen so schnell, dafs ihre Ströhmungsgeschwindigkeit grösser ist, als die Leitung des Flüssigen, so bewirken sie theils Ausdehnung (des Ausdehnsamen) theils chemische Zersetzung. Letzteres tritt jedoch nur ein; wenn ungleiche Electricitäten von entgegengesetzten Richtungen her (zufolge der geringeren Leitung einander gegenüber sog. electrische Zonen bildend) angesammelt werden, und nun zur relativen Ruhe gelangend, als chemisch ziehende Berührer störend einwirken. Es besitzen die Electricitäten unter diesen Bedingungen bei der geringsten (dem Unendlichkleinen sich nähernden) Masse die gröfste chemische Ziehgewalt; wie dieses besonders die späterhin zu erwähnenden, durch die Electricitäten bewirkten chemischen Zersetzungen darthun; m. Einleit. a. a. O. In dem Maase wie aber die Electricität zur chemischen Gegenwirkung gelangt, verschwindet sie als sichtbares Wesen, und umgekehrt je stärker die Körper electrisch erregt werden, und um so geringer z. B. die Wassermenge ist, welche in den electrischen Procefs verwickelt wird, um so mächtiger werden die Erscheinungen der Funkenproduction u. s. w. ausfallen. Uebrigens sind die Electricitäten mehr als gasigflüssig, und sofern sie auch anderen mit ihnen verbundenen Substanzen ihre Flüssigkeit ertheilen können, kann man die electrische Fluidität als eine besondere Art des Flüssigseins betrachten. — Desaguliers (Phil. Transact. 1739—1742) führte zuerst die Namen: an sich electrische Körper und Leiter ein, und brachte die bis dahin bekannten Versuche auf allgemeine Gesetze.

4) Gray's Entdeckung gab die erste Veranlassung zur

Darstellung des Hauptleiters oder ersten Leiters der Electrisirmaschine. HAUSEN (novi profectus in historia electricitatis. Lipsiae 1743. 4.) führte dergleichen Maschinen zuerst in den physicalischen Unterricht ein, und BOSE in Wittenberg, WINKLER in Leipzig und GORDON in Erfurt gelangten auf diesem Wege zu sehr verstärkten Graden der Electricität. Die wesentlichen Theile einer Electrisirmaschine sind glattes Glas (in Kugeln oder Sphäroiden-Cylinder- oder Scheibenform) oder statt dessen Taffent, wollenes Zeug, gefirnifstes Holz u. m. dgl., welches isolirt gestellt, bequem gegen das Reibzeug gerieben werden kann. Das Reibzeug besteht am besten aus Taffent oder Leder, welches mit einem sogenannten Amalgam d. i. einer Verbindung mit Merkur mit anderen darin auflöslichen Metallen, bestrichen und dann mit etwas Bernsteinfirnifs dünn überzogen wird. Am gewöhnlichsten wählt man das aus einem Theile Merkur und fünf Theilen geschmolzenem Zinke bestehende KIENMAYERsche Amalgam, welches mit Kreide, Unschlitt oder Fett fein zerrieben und dadurch, so wie durch künftige, beim Reiben stets wechselnde Luftberührung stets mehr oder weniger oxydirt wird. Es mufs öfters nach jedesmaligem Trockenwerden auf das seidene oder lederne Kissen getragen werden, bis es dick genug aufliegt. Vergl. Journal de Phys. Aout 1788. p. 96 wo zuerst ein etwas abweichendes aber minder zweckmässiges Verhältnifs, nämlich 2 Theile Q. 1 Theil Zinn und 1 Theil Zink (WOLFF setzt so viel feines Silber zu als das Q. verquicken kann) vorgeschlagen wurde. ECKARTSHAUSEN (natürliche Magie) schlägt ein Phosphor haltiges Amalgam als sehr wirksam vor. ADAMS empfiehlt zu gleichem Zwecke das Mussivgold (Essay on electricity. Lond 1784. p. 27), und WOLFF legt zwischen Amalgam und Glas (der nicht mit einer metallenen, sondern mit einer ausgetrockneten und gefirnifsten hölzernen oder massiv gläsernen Axe versehenen Scheibe oder des für die äussere Luft

ungeöffneten, und nicht mit Harz ausgegossenen Cylinders) ein Stück feines weisses Papier. Das $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{6}$ der Scheibe oder des Cylinders umfassende Reibzeug besteht übrigens beim ersteren aus flachen mit Casimir überzogenen Brettern, bei letzteren aus hohlen gepolsterten Küssen; beide sind zunächst mit feinem Kalbleder überkleidet, und damit nicht von der schon erzeugten Electricität vor der Uebertragung an den Conductor etwas entweiche, wird der freie Raum zwischen dem Scheibenreibzeuge und den Saugspitzen mit Taffentflügeln und darüber mit Wachstaffent umkleidet. Auch überzieht man die Träger dieser Flügel zweckmässig mit Taffent. — Ueberstreicht man das Kalbleder vor der Auftragung des Amalgan mit etwas Cacaobutter, so haftet das Kienmeiersche besser, als auf Scweinefett; noch mehr bindend und Brüichkeit mindernd wirkt elastischer Firnifs, wenn man mit demselben einigemal das Leder bestreicht, und gleich darauf das feinzeriebene Kienmayersche Amalgam aufstäubt (oder das Singer'sche: aus 1 Th. Zinn, 2 Th. Zink u. 6 Th. Merkur, oder auch aus 2 Zinn, 4 Zink und 7 Merkur) bestehende aufträgt und dann nochmals überfirnifst. Eine dritter wesentlicher Theil ist der metallene (am besten von polirten mit Goldfirnifs dünn überzogenem Messing) kugel- oder cylinderförmige, abgerundete erste Leiter oder Conductor, der, so wie die ganze Maschine, isolirt auf Glasfüssen steht, die am besten massiv und mit Schellack überzogen sind, um möglichst zu isoliren und so wenig wie möglich Feuchtigkeit anzuziehen. Je grösser dieser Conductor ist, um so mehr wird er mit seinen Einsaugespitzen (Colectoren oder Zuleitern), welche das zu reibende Glas fast berühren, Electricität aufnehmen können, und um so concentrirter und schmerzhafter werden die ihm entlockten Funken ausfallen. Jedoch hat seine Grösse eine gewisse höchstens auf $\frac{3}{5}$ der Oberfläche des Glases auszudehnende Grenze; zu grofs bietet er auch bei aller Politur, zuviel ausströhmende Stellen dar, welche bei

der sehr erweiterten Luftberührung leicht soviel zu entladen im Stande sind, als der Conductor von der Scheibe an Electricität aufzunehmen vermag. In Versuchen wo das Reibzeug nicht isolirt zu sein braucht, hängt man zweckmässiger eine Messingkette vom Reibzeuge zur Erde herab, wodurch die Ansammlung der Electricität des ersten Leiters vermehrt wird. Ausserdem hat man noch einen zweiten Conductor, der in seidenen Schnüren (isolirt) von der Decke des Zimmers herabhängt oder aus einer, auf einem massiv gläsernen Fuſs ruhenden, mit einem kleinen Ring versehenen Messingkugel besteht, und mit dem isolirten Reibzeuge in leitende Verbindung gssetzt wird, um die Electricität des Reibzeuges anzusammeln. Es ist zweckmässig in diesem Falle den ersten Conductor mit der Erde in leitende Verbindung zu bringen. Alles was bei der Electrisirmaschine dazu bestimmt ist, Electricität anzusammeln, muſs vorzüglich abgeglättet sein, weil alle Spitzen von selbst und schnell entladen. Daher wird auch bei Versuchen mit der Maschine, ausser der Entfernung aller Feuchtigkeit, durch gehörige Erwärmung des Glases und Leiters, und ausser einer möglicht trocknen umgebenden Luft, erfordert, daſs der Staub von allen Theilen der Maschine gehörig fortgeschafft sei. Planta (Allgem. deutsche Bibl. Anhang zum 13—24 Bd. 1ste Abthl. S. 549) und Ingenhous (dessen ver. Schriften; herausg. von Molitor. Wien 1784. 8. I. S. 172) wendeten bei ihren Versuchen zuerst Scheibenmaschinen an (die unter gleichen Umständen, wenn sie gleichmässig: und bei grossen Maschinen ausserdem auch hinlänglich dick sind, sich wirksamer zeigen als die übrigen). Diejenige nach der von Cuthberson angegebenen Einrichtung hat zwei Scheiben und acht Reibzeuge, und die von ihm für das Teylersche Museum in Harlem nach dieser Art verfertigte (welche van Marum beschrieben und zu vorzüglichen Versuchen benutzt hat; vergl. Beschreib. einer ungemein grossen Electrisirmaschine u. s. w. A.

d. Holländ. übersetzt. Leipz. 1786. 4. Erste Forts. 1788. 4. Zweite Forts. Harlem 1795. 4.) ist von ausgezeichneter Güte. Klinger in Breslau hat nach diesem Muster eine für den Herzog Heinrich von Wirtemberg verfertigt, die sich zu Walisfort bei Glaz befindet. Gilbert's Annal. IV. 3. S. 369. u. XXIII. 302. — Ueber Electrisirmaschinen von anderen Stoffen, vergl. Lichtenbergs Mag. I. S. 83, III. I. S. 111. Grens Journ. d. Phys. VII. S. 319. — G. C. Bohnenberger's d.ä. Beschreibung einiger Electrisirmachinen und electrischer Versuche. Stuttg. 1783. I—VI. Forts. 1791. 8. Dessen Beiträge zur theoretischen und practischen Electricitätslehre. Stuttg. 1793—1795. I—IV. Ein guter Cylinder von 14 Zoll Länge leistet ohngefähr soviel als eine Scheibe von 24 Zoll Durchmesser, jedoch haben mancherlei zum Theil noch unausgemittelte Ursachen mehr oder weniger grossen Einfluſs auf die Wirksamkeit der Electrisirmaschinen. Gilbert's Ann. XXXIX. 245. Helle, lichtreiche, hohen Barometerstand darbietende Tage eignen sich am besten zu electrischen Versuchen, und eine Scheibe (Cylinder u. s. w.) die zu Versuchen benutzt werden soll, trocknet man zuvor am besten im Sonnenlichte aus.

5) Setzt man die Electrisirmaschine in Bewegung, so wird die durch Reibung auf dem Glase angesammelte und hervorgerufene Electricität, dem Hauptleiter übertragen, und nähert man sich diesem nun, auf ähnliche Weise wie dem geriebenen Bernsteine oder Glas u.s.w., so werden alle dort bemerkten Phänomene weit stärker und lebhafter eintreten. Die Funken werden mit einem grösseren Geräusche und in beträchtlicheren Fernen überschlagen, und dieses wird nach der Güte der Maschine und der gehörigen Isolation des Hauptleiters zunehmen. Die räumliche Weite, in welcher der Funke aus dem electrisirten Körper zu dem zu electrisirenden, oder umgehehrt, überzuschlagen vermag, nennt man die Schlagweite (sie ist am gröſsten, wenn der Funke aus dem + E halten den Conductor zu dem mit — E be-

ladenen überschlägt). Ausser den angegebenen Umständen, hat hierauf auch die Gestalt des Ausladers (oder des zu electrisirenden Körpers) Einfluſs. Eine gewöhnliche gute Maschine, giebt bei trockner Luft 9—15 Zoll Schlagweite; grössere z. B. die in Harlem über 20 Zoll. — Das Geräusch und der lebhafte Funke beim Entladen, wird jedoch nur dann bemerkt, wenn das genäherte Ende des Ausladers oder Ableiters stumpf oder abgerundet ist; im Dunkeln bemerkt man dann, daſs die Funkenmasse nicht überschlägt, sondern, wie wenn der Hauptleiter mit Spitzen versehen wäre, in Gestalt eines dünnen Fadens überströmt; und jede ausströhmende Spitze gewährt der gegen gehaltenen Hand, das Gefühl eines sanften Luftwehens oder Blasens. War der entladende Körper isolirt, z. B. ein auf einem Isolirschemel stehender Mensch, so erhält er ebenfalls durch Mittheilung die Electricität des von ihm berührten Conductors, und kann nun wie dieser von Funkenproduction begleitet, durch andere Leiter entladen werden. War der Entladende hingegen nicht isolirt, so strömt die Electricität zur Erde über, ohne bemerkt zu werden. Je feiner die Spitze des Entladers ist, mit welchem man z. B. den Augen electrisirter Menschen, electrische Ströhme entzieht; um so weniger schmerzhaft ist dieses Entziehen für das Auge u. s. w. (Hier etwas von der Methode die Electricität zum medicinischen Gebrauche anzuwenden. Dr. Graham's elektris. Bett und Zimmer.)

6) Waston fand zuerst (1746), daſs das Isoliren des Reibzeugs nur schwache Electricität des ersten Leiters gewähre (s. oben), woraus er folgerte, daſs das Reiben mehr dazu diene Electricität überzuführen, als unmittelbar zu erregen; und Canton zeigte (1753) zuerst entscheidend den grossen Einfluſs, welchen Glätte und Reibung auf die mitzutheilende Electricität haben; Versuche die von Beccaria (dell' Electricismo artificiale 1753. 4.), Wilson (Transact. 1760. Vol. LI.) Bergmann (ebendas. 1764. Vol. LIV. und Schwedische Abhdl. 25 B.

S. 344) WILKE (de electricitatibus contrariis. Rostoch. 1757. 4.) und AEPINUS (Tentamen theoriae electricitat. Petropol. 1750. 4.) bestätigt und erweitert wurden. Ausser verschiedenen Entdeckungen über die später zu erläuternde entgegengesetzte Natur der Electricitäten, setzten die Versuche dieser Physiker, vorzüglich den bereits erwähnten Unterschied zwischen Ansammlung der Electricität auf glatten Körpern und zwischen Spitzenströmung fest; ein Unterschied der durch WINTERL (der die Wirkung der Spitzen electrischen Galvanismus nennt, vergl. KASTNERS Materialien u. s. w. I. S. 200) genauer beachtet wurde. Mir scheinen die (feinen — als solche kaum leitenden — Dräthen vergleichbaren) Spitzen durch mehrere Umstände ihre eigenthümliche Wirkungsweise zu erhalten; einmal, indem sie mit abnehmender Begrenzung an ihrem äussersten Ende (und damit verminderter Ziehung von Seiten der Metallfläche) die Ansammlung von einer so geringen Quantität electrischer Flüssigkeit begründen, dafs diese dort durch ihren geringen Umfang den Gesetzen ihrer eigenen (auch in ihr nicht ganz zu leugnenden) Cohäsion, welche sie sonst zum Funken (Tropfen) anhäuft, nicht mit einer Stärke Folge leisten kann, die zur ausgedehnten Funkenbildung hinreicht, und zweitens, dafs alle Spitzen als längliche Körper vertheilend (s. weiter unten §. 108.) wirken, und dadurch Angezogen werden von der ihnen gegenüber erregten entgegengesetzten Electricität vesanlassen, woraus sich denn auch erklärt, warum die Spitzen nicht nur die Ausströhmung sondern auch die Einsaugung zu beschleunigen vermögen.

7) Zu dem electrischen Apparat (so nennt man alle zur Hervorbringung und Untersuchung electrischer Wirkungen bestimmten Werkzeuge) gehört ferner das Electrometer oder Electroscop, wovon man verschiedene Arten hat, und die mehr dazu dienen, Electricität anzuzeigen (vorzüglich die sehr empfindlichen) als auch zugleich zu messen. Ihre Einrichtung gründet im All-

gemeinen darauf, dafs zwei mit gleichartiger Electricität versehene Körper genähert sich abstossen, vergl. XXVIII. Versuch. Sind sie absichtlich minder empfindlich und beweglich eingerichtet, so werden sie nur benutzt um übermässige Anhäufungen von Electricität, z.B. das Ueberladen der Batterien zu verhüten. Jedes Electrometer mufs, abgesehen von der Berührung des zu prüfenden Körpers, isolirt gestellt werden können, und wird mit den Körpern entweder unmittelbar in Berührung gesetzt, oder einem diese Körper berührenden kleinen isolirten Conductor genähert. Zu den vorzüglicheren Electrometern gehören: KANTON's Korkkügelchen-Electr., VOLTA's Strohalm-Electr., SAUSSURE's, BENNET's und RITTER's Blattgold-Electr. — ähnliche von DU FAY's, »CAVALLO«, ACHARD, DE LUC; HENLEY's Quandranten-Electr., BROOKE's-Electr., COULOMB's electr. Waage, MARECHAUXS Electromicrometer. Vergl. GEHLERS phys. Wörterb. Art. Electricit. CAVALLO von der Electricit. übers. Leipz. 1797. I. S. 150. GREN's Journ. d. Phys. I. 3. S. 380 und neues Journ. III. I. S. 51. GILBERT's Ann. I. 3. S. 251. XV. 98. XVI. I. S. 115. ERMAN's Vorschläge Ebend. XV. 389. ADAMS Versuch über die Electr. Aus d. Engl. übers. Leipz. 1785. S. 22. u. s. w. DE LUC Ideen über die Metereologie. I. S. 306. Unter den neueren Electrometern verdienen besondere Aufmerksamkeit, das HAUY'sche (ein cylindrischer, an jedem Ende mit einer kleinen Kugel versehener dünner messingener Conductor, der mittelst eines Achathütchens oder einer Vertiefung auf einer Spitze horizontal beweglich ist) und das von BEHRENS angegebene und durch v. BOHNENBERGER verbesserte (letzteres aus einem zwischen zwei kleinen senkrecht stehenden Zambonischen Säulen schwebenden Blattgoldstreifen bestehend, zeigt zugleich unmittelbar die Art der damit zu prüfenden Electricität an; GILBERT's Ann. XXIII. 24.) — Ueber die Einrichtung und den Gebrauch dieser Instrumente mündlich. — Mehrere electrische Spielwerke haben die versteckte Einrichtung der Elec-

trometer. — Die Stärke, oder nach Winterl, die Anhäufung der Electricität nennt man gewöhnlich die electrische Spannung eines electrisirten Körpers.

8) Wäre die Luft ein vollkommener Nichtleiter, und wären es auch die anderen, zur Isolation gebrauchten Substanzen (unter denen der dunkelbräunliche Schellack am vollkommensten isolirt), so würde ein isolirter electr. Leiter sein erhaltenes Maximum der Electr. stets von gleicher Stärke behalten; da dieses aber nicht der Fall ist, so schwindet sein electrischer Zustand nach und nach, und die Electricität ströhmt der Erde zu, deren Innern sie zu entstammen scheint. Coulomb fand durch Versuche mit seiner Drehwage (mit deren Hülfe er die Grösse der Spannung bestimmte, gemäfs dem Gesetze, dafs die Stärke mit welcher gewundene Dräthe ihre Lage wiederherstellen, sich verhält: wie die Grösse des Drehungswinkels; s. oben S. 412.), dafs wenn der halbleitende Zustand der Luft derselbe ist, das Verhältnifs der durch sie verloren gehenden Electricität eines Leiters zur mittleren Intensität eine beständige Grösse bleibt. Auch will er gefunden haben, dafs — in Beziehung auf die Electricitäts-Verbreitung über die den Leiter isolirenden Substanzen — zur vollkommenen Isolirung des Leiters, die Längen der isolirten Träger sich wie die Quadrate der Intensität der Electricität des Leiters verhalten müssen. — Bei einer schnellen und energischen Wirksamkeit der E. Maschine kann die im Ueberflufs dem Leiter zugeführte E., entweder nach dem Reibzeuge zurückgehen, oder nach anderen leitenden Theilen der Maschine sichtbar ausströmen. Wenn übrigens ein electrisirter Körper durch Scheiben von Glas oder Harz u. s. w. so auch ein Electrometer so hindurch zu wirken scheint, als dieses durch zwischenliegende Luft geschieht, so ist dieses nicht sowohl Wirkung der Leitung, als der Vertheilung; §. 108.

9) Nähert man den zweiten isolirten Conductor einer Maschine dem ersten, so bricht auch zwischen beiden

ein electrischer Funke aus — der an dem einen Ende gewöhnlich roth, am andern blau, in der Mitte weifs ist, und dessen Farben bei grösserer Entfernung abwechseln, (wie denn auch HILDEBRANDT's Versuchen gemäfs verschiedene Dichte der Luft und verschiedene Beschaffenheit der Spitzenoberflächen die Farbe des Funkens abändern; SCHWEIGGER's Journ. I. 237 u. XI. 437.), und der zweite Conductor ist nun electrisch. Findet sich zwischen beiden C. ein schlechter Leiter, z B. trockne atmosphärische Luft, so scheint der elec- Funke aus dem oberen C. stets nach dem untern überzuschlagen (welches WINTERL das Fallen desselben nennt, vergl. m. Materialien Bd. I. S. 181 in d. Note) gleichgültig, ob sich der erste (positive) C. oben oder unten befindet. DESSAIGNES Vers. zufolge ändern sich die electrischen Erscheinungen in einer eingeschlossenen, vollkommen trocknen Luft, wenn dieselbe verdünnt oder verdichtet wird, nicht nur gemäfs ihrer verschiedenen Temperatur, sondern auch nach Maafsgabe der Verschiedenheit ihrer eigenen (als Theil der Erdatmosphäre ihr zukommenden) electrischen Spannung. Ist diese stark, so kann die Verdünnung der (in einem Recipienten der Luftpumpe eingeschlossenen) Luft weiter getrieben werden, ehe die electrischen Erscheinungen völlig verschwinden (und beim Wiedereinströhmen der äussern Luft zur Innenluft des Recipienten erhalten sie ihre anfängliche Stärke schneller wieder) als bei schwacher electrischer Spannung der Erdatmosphäre. Wird bei starker electrischer Spannung die eingeschlossene Luft verdichtet, so nimmt die Intensität der Electricität anfänglich zu; steigt hingegen die Verdichtung bis um die Hälfte des vorigen Raumumfangs, so mindert sich jene Intensität, bis sie endlich verschwindet; nimmt jedoch beim Widerverdünnen der Luft wiederum zu, und zwar mehr, als sie bei der anfänglichen Compression an Intensität gewonnen hatte. Das Hygrometer stand bei der stärksten Luftverdichtung auf 58°; und da bei einem Stande von

85° die electr. Erscheinungen noch statthatten, so konnte die etwa beim Luftverdichten eintretende Feuchtigkeitsanhäufung das Aufhören jener Erscheinungen nicht veranlassen. Bei schwacher electr. Spannung der Atmosphäre, nahm die Stärke der electr. Erscheinungen in einer verdichteten Luft nicht zu, sondern vielmehr schon bei $\frac{1}{8}$ Verdichtungszunahme merklich ab und verschwand ganz, als die Verdichtung über $\frac{1}{3}$ stieg. Als D. hierauf die Luftverdichtung wieder aufhob, nahm die Stärke der Erscheinungen wieder zu, hingegen bei fortschreitender Verdünnung ausserordentlich ab. Auch war an Tagen starker electrischer Spannung die Intensität der Erscheinungen grösser im kohlensauren Gase, als im Sauerstoffgase, in diesem wieder grösser, als im Stickgase und Wasserstoffgase, erlosch aber demohngeachtet beim Verdünnen und Verdichten eher in den dichteren als in den dünneren Gasen Umgekehrt schienen hingegen die electrischen Erscheinungen bei schwacher Spannung der Atmosphäre im Stickgase und Wasserstoffgase von grösserer Innigkeit und merkbarer zu sein, als in den dichteren Gasen, so wie denn auch bei geringer Spannung der Luftelectricität, die Intensität der electr. Erscheinungen in den dichteren Gasen sich eher minderte, als in den dünneren. Vgl. Gilbert's Ann. XLVIII. 40. ff.

10) D. folgert aus seinen Versuchen, dafs die electrische Kraft im luftverdünnten und im luftverdichteten Raume gleichmässig erlischt, und dafs die Intensität der Erscheinungen grösser werden kann, eben so sehr durch Zunehmen als durch Abnehmen des Luftdrucks. Hinsichtlich des electrischen Lichtes bemerkt D., dafs, solange als der Cylinder der Electrisirmaschine beim Umdrehen die Kügelchen des Electrometers in der verdünnten Luft auseinander treibt, sich an der empfangenden Drathspitze desselben ein leuchtender Punkt zeigt, während das Reibzeug nicht leuchtet, einige Stralenbüschel ausgenommen, welche stellenweise dar-

aus hervorbrechen. Sobald die Kügelchen nicht mehr divergiren so hört auch die Drathspitze zu leuchten auf, und aus dem Reibzeuge kommen keine Büschel mehr, sondern es zeigt sich statt derselben ein, zwischen dem Küssen und dem Cylinder beschränkter Schein, welcher glänzt, solange man den Cylinder dreht, und der an Tagen starker Spannung weniger lebhaft und stark erscheint, als bei schwacher Spannung der Atmosphäre. Zunehmende Verdichtung vermehrte anfänglich die Stärke dieser Erscheinungen, machte sie aber endlich ganz aufhören, bei vermehrter Luft-Verdünnung blieb hingegen der Schein, jedoch nur dieser, und die anderen Phänomene traten erst wieder ein, als — bei der verdichteten wie bei der verdünnten Luft, die gewöhnliche Luftdichte wieder hergestellt worden war. Auch diese Erscheinungsänderungen dürften auf eintretende Vertheilung's Wirkung beruhen; vergl. meine Bemerk. in Gren's Naturl. 6te Aufl. S. 702. §. 1250. Anmerk. Nach ähnlichen Gesetzen ändert sich auch das leuchten des Merkurs in der Barometerröhre, das Durchleuchten der Isolatoren beim Funkendurchschlagen u. s. w., Franklin's Röhren- und Blitzschlangen; Meineke's Vorschlag: die Electr. der Röhren als Beleuchtungsmittel zu nutzen; Hallische Allg. Lit. Z. 1819. S. 112. 1.

11) Stellt man eine kleine metallene Schale, mit gehörig abgerundeten Rändern, worin etwas Schwefeläther oder erwärmter Weingeist befindlich ist, auf den isolirten Conductor, electrisirt denselben darauf, und nähert sich dann dem Aether mit einem Leiter, z. B. mit dem Finger, um einen Funken auszuziehen; so entzündet sich der Aether in demselben Augenblick. Dasselbe findet bei einem Gemische von Wasserstoffgas und Sauerstoffgas in leitenden verschlossenen Gefässen statt, und hierauf gründet sich die Einrichtung und Wirkung des electr. Pistols und des Volta'schen Eudiometers. Ludolf in Berlin entzündete zuerst 1744 Vitrioläther durch den electrischen Funken, Winkler erwärmten

Branntwein und eine Essigäther haltende Flüssigkeit, Gralath in Danzig den Rauch eines eben verloschenen Lichtes, und Bose den Dampf von schmelzendem Schiefspulver. Fein zertheilter Phosphor und trocknes Schiefspulver lassen sich, so wie mehrere inflammable Substanzen, leicht durch den electrischen Funken entzünden. — Werden Haare, Büschel u. s. w. oder an feuchte Zwirnfäden hängenden Korkkügelchen dem Conductor parallel hängend, genähert, so gehen sie beim Electrisiren divergirend auseinander. Setzt man einen Messingdrath der von einer Glasröhre umgeben in mehrere Spitzen ausläuft, mit dem electr. Conductor in leitende Verbindung, indem man ihn isolirt (die Glasröhre fassend) hält oder in der Vorrichtung zum Fall der Körper in der Guerikeschen Leere festschraubt, so strömen im dunkeln sichtbare electrische Funken (und in die Leere sehr glänzende Stralenbüschel) aus jeder Spitze; electrisches Flugrad, electrische Illumination, leuchtende Namenszüge, electrische Springbrunnen, die auflockernde Baumwolle, das in Zapfen ausschiessende, fliessende Siegellack u. s. w. Wird hingegen ein isolirtes (an einem seidenen Faden hängendes) Korkkügelchen dem electr. Conductor genähert, so wird er bis zur Berührung angezogen, dann aber sogleich abgestossen, in welcher Lage es verbleibt, bis es einem nicht isolirten Leiter genähert wird; von diesem wird es angezogen, und nach der Berührung damit wieder vom Conductor, und so wechselseitig fort, oder es spielt auch zwischen beiden bis zur Berührung stets hin und her. Electrisches Glockenspiel, Tanz der papiernen Puppen, electrischer Sandwirbel, die tanzenden Hollundermarkkugeln u. s. w. —

12) Nach Frannlin leitet Wasserdampf oder warmes Wasser besser, als kaltes und da auch sämmtliche Metalle im erhitzten Zustande schneller leiten als im kalten, und Isolatoren durch Erhitzung in Leiter übergehen, so kann man annehmen, »dafs mit der fühlbaren Wärme des Leiters, auch sein Leitungsvermögen ver-

mehrt werde.« Hermstädt's Beobachtungen gemäſs (Gehlen's Journ. d. Chem. Bd. II. S. 333.) wird die Verdampfung des Wassers durch Electricität beschleunigt. Eine Harzplatte von $2\frac{4}{5}$ Zoll Dicke läſst kein E hindurch, wohl aber noch eine von $2\frac{2}{5}''$; Franklin a. a. O.

C) Von den entgegengesetzten Electricitäten und von der electrischen Vertheilung.

§. 108.

XXIX. Vers. Man verbinde einen an dem einen Ende abgerundeten, oder mit einer Kugel versehenen Metalldrath, welcher einen isolirenden (gläsernen) Handgriff hat, mit seinem anderen Ende (mittelst eines Drathes oder einer Kette) mit dem ersten Conductor der Electrisirmaschine und führe, während der Conductor electrisirt wird, das abgerundete Ende über einen recht glatten, mässig erwärmten, trockenen Harz- oder Siegellackkuchen umher, denselben so die Electricität des Conductors ertheilend, und bestäube den Harzkuchen dann mit Bärlappsaamen (Sem. Lycopodii); so bildet dieser auf den electrisirten Stellen des Kuchens, stralig auseinander gehende büschelförmige Figuren, denen in Fig. 16 ähnlich. Ertheilte man dem Kuchen hingegen auf gleich Weise die Electricität des zweiten (mit dem isolirten Reibzeuge in leitende Verbindung stehenden) Conductors, oder unmittelbar die des Reibzeuges, so bilden sich unter gleichen Umständen schwammige rundliche Flecke, mit kaum merklicher Stralung.

Bemerk. 1) Man nennt diese Figuren nach ihrem Entdecker — Lichtenbergische Figuren; vergl. G. C. Lichtenberg de nova methodo, natura motum fluidi electrici investigandi; in den nov. comment. societ.

Götting. T. VIII. 1777. S. 169. Und VILLARSY und A. v. ARNIM in GILBERT's Annal. Bd. V. S. 35. u.s.w. Augenscheinlich zeugen diese Fig. von entgegengesetzten electrischen Verhältnissen. Electrisirt man eine Siegellackstange mit einem Katzenfelle durch Reiben, und läſst darüber ein kleines leichtes Korkkügelchen mittelst eines feinen Zwirnfadens schweben, so wird dieses von einer andern geriebenen Siegellackstange, oder von dem isolirten electr. Reibzeuge abgestossen, von einer geriebenen Glasröhre, oder von dem electr. Conductor hingegen angezogen werden. — Theilt man einem Korkkügelchen die Electricität des ersten Conductors d. M., dem andern diejenige des Reibzeugs derselben mit; so ziehen sich beide an, und ihre Electricitätswerthe gehen in o über. — Theilt man die Electricität einer, kurz zuvor mit einem seidenen Tuche geriebenen glatten Glasröhre den Blättchen eines Electrometers mit, so daſs sie divergiren, und nähert es darauf mit dem Deckel derselben Röhre oder einer schwach geriebenen Siegellackfläche oder Stange, so gehen die Kügelchen noch weiter auseinander — wenn die erhaltene Electricität derselben mit der zuerst ertheilten übereinkommt; hingegen fallen sie bei entgegengesetzter Electricität zusammen. Nähert man zwei isolirte Leiter, die beide gleich stark mit gleicher Electricität geladen sind, einander, so erscheinen bei ihrer Annäherung keine Funken, und jeder behält seine Electricität. Hingegen entwickeln sich starke Funken, und das electrische Gleichgewicht wird nach Maasgabe der Berührung beider hergestellt, wenn der eine isolirte Leiter die E. des isolirten Reibers, und der andere isol. Leiter diejenige des isol. Reibzeugs hatte. — Hält man mittelst eines gläsernen Handgriffs einen an beiden Enden zugespitzten Metalldrath, in gehöriger Ferne zwischen den electr. Conductor der Maschine und zwischen den electr. Conductor des Reibzeugs, so bemerkt man an der, dem ersteren Cond. zugekehrten Spitze das Ueberströmen der E. in Form eines Feuerbü-

schels, und an dem letzteren in Gestalt eines leuchtenden Sterns oder Punctes. Stäubt man verschiedenartige farbige, pulvrige Körper (z. B. Zinnober oder Mennige mit gepulvertem Schwefel oder mit Bärlappsaamen gemengt) durch feine Leinwand auf eine electr. Harzfläche, so werden sie durch die Electricität von einander getrennt und bilden so die LICHTENBERGischen Figuren; s. ARNIM a. a. O. — Streicht man zwei gleiche Bänder, das eine der Länge, das andere der Fasernbreite nach, so erhält das erstere die eine (mit jener des ersten Conductors übereinstimmende) das letztere die andere (jener des Reibzeugs gleichwerthige) Electricität; u. s. w. Electrisirt man das Wasserstoffgas eines kleinen Ballons mit der Electricität des ersten Conductors, und das eines zweiten ähnlichen Ballons mit jener des zweiten Conductors, so bewegen sich beide freigelassene Ballons (ähnlich zweien ungleichwerthig electrisirten Wolken) zueinander, entladen sich durch einen aus den Metallspitzen der Ballons hervorbrechenden Funken, und steigen dann wieder getrennt von einander zu weiteren Höhen hinauf.

2) Schon DU FAY (mem. de Paris. 1733—1737) machte auf den electr. Unterschied des geriebenen Glases und des Harzes aufmerksam, und unterschied beide durch die Benennung Glas- und Harzelectricität; Bezeichnungen, die aber bald verworfen wurden, da man fand, daſs sowohl das Glas, als auch das Harz beide Electricitäten annehmen könne. FRANKLIN unterschied beide Electricitäten, die des Reibers und diejenige des Reibzeugs der Glasmaschine, als mathemat. Grössen und nannte daher die erstere: positive oder Plus-Electricität; die letztere: negative oder Minus-Electricität, und KINNERSLAY in Boston fand, daſs DU FAYS Glas- und Harzelectr. mit FRANKLIN's pos. und negat. Electr. übereinstimmen. LICHTENBERG bezeichnete beide durch + E. und — E. FRANKLIN erklärte die Phänomene der positiven Electricität durch einen vorhandenen Ueberschuſs, die der negativen hingegen

durch Verminderung einer und derselben angenommenen electrischen Materie, von der jede nicht electrische Substanz eine gewisse, nicht freiwirkende Menge besitzt. Diesen letzteren Zustand nennt F. den der Sättigung der Körper mit Electricität; oder den natürlichen Zustand der Electricität eines Körpers, deren Vermehrung = + E, und deren Verminderung = — E erscheint. Nur isolirte Körper können + oder — E besitzen, die nicht isol. Leiter befinden sich in jenem natürlichen Zustande der Electricität. Eine von dieser abweichende Hypothese bietet das sogenannte dualistische System des Rob. Symmer dar, der zwei verschiedene positiv wirksame Materien annimmt, von denen die eine die Erscheinungen des + E, die andere jene des — E hervorbringt; beide ziehen sich an und geben vereint das o E, welches aber hiernach — auch ein eigenthümlich Existirendes sein mufs. Symmer stellte seine Vers. 1759 an, und Cigna setzte sie weiter fort. Franklin's Ansicht fand vorzüglich an Wilke und Volta besonnene Vertheidiger, von denen besonders der letztere die Vertheidigung bis auf unsere Zeiten, nicht sowohl durch Gegenstellung von einzelnen Gründen, sondern ununterbrochen durch neue Entdekkungen führte. Andere, der Symmerschen mehr oder weniger ähnliche Hypothesen bieten dar: Winterl (dem + E und — E die Bestandtheile der Wärme bilden, während von ihm das erstere als Bedinger der Brennbarkeit und Basicität oder Auflöslichkeit, das letztere als das Bedingende der Verbrennung oder Zündung, und der Acidität oder Auflössamkeit im chemischen Processe betrachtet wird) Avogadro und Tremery; vergl. darüber Prechtl und Ritter in Gehlen's Journ. VI. 53. ff. Ueber den von mir gemachten Vorschlag, beide Electricitäten zu betrachten: als dem Wesen nach übereinstimmend und als nur dadurch verschieden, dafs in ihnen dasselbe Wesen zweierlei Bewegungszuständen unterliege, indem das + E fortbewegtes, das — E erschüttertes E sei, von denen das letztere

mit geringerer Geschwindigkeit weniger Menge von E, und das erstere mit mehr Geschwindigkeit auch mehr Menge des E mit in den electrischen Procefs brächte; Gren's Naturl. 6te Aufl. S. 697. ff.

3) Zwei isolirt und freischwebende stossen als mit gleichwerthiger Electricität geladene Körperchen einander ab, ziehen hingegen einander an, wenn ihre Electricitäten ungleichwerthig waren, so wie denn überhaupt folgende aus der Erfahrung abgeleitete Gesetze gelten:

+ E und — E ziehen einander an;
+ E und + E stossen einander ab;
— E und — E stossen einander ab.

Vergl. §. 99. Da die einzelnen Electricitäten sich in der Leere zum Funken zusammenziehen (S. 263.), so gelten jene Gesetze zunächst nur von denen mit den Electricitäten geladenen beweglichen Körpern. Coulomb's Vers. zufolge (S. 473.) soll die abstossende Kraft der Electricitäten im umgekehrten Verhältnifs des Quadrats der Entfernungen stehen (Biot II. 229.). Simon's und die neueren Versuche Parrot's machen es hingegen wahrscheinlich, dafs die electrische Abstossung (und mithin auch die electrisch Anziehung) den Entfernungen selbst proportional sei; Gilbert's Ann. XXVIII. 277. LXI. 270. Auch Winkler gelangte schon zu ähnlichen Ergebnissen; dessen Gedanken von den Eigenschaften, Wirk. und Ursachen der Electricität u. s. w. Leipzig 1744. 8. §. 144—151. 221 u. ff.

4) Nach Wilson erhält der härteste von zwei gegenseitig geriebenen Isolatoren, allemal + E, der minder harte — E; S. 409. (Verschiedene Glätte und Feuchtigkeit ändern indefs diese Resultate sehr ab.) — Bei den Leitern erhält unter zweien, in Berührung kommenden, nach Ritter der oxydirbarere + E, der weniger oxydationsfähige — E. Nach Coulomb (Biot II. 354.) erhalten die durch das Reiben am meisten ausgedehnten Substanzen — E, hingegen die sich dabei am wenigsten ausdehnenden + E; was mit Wilson's und der oben (S.409.) gemachten Bem. ziemlich übereinstimmt.

So sah C. erwärmte Weisse Seide an Metall gerieben stets — electrisch werden, während dieselbe Seide erkaltet an polirten Metallen gerieben + E zeigte. Wärme und Rauhigkeit der Flächen bestimmen nach C vorzüglich die Art der an einem zu reibenden Körper sich entwickelden Electricität. Bei der E. Maschine erhält das isolirte Reibzeug stets die entgegengesetzte Electricität des Reibers und Conductors: — E wenn diese + E, und + E, wenn diese — E enthalten. SYMMER's Vers. zufolge giebt der Rücken einer Katze mit jeder Substanz + E, hingegen erhält

mattgeschliffenes Glas durch Reiben mit Wachstaffent, Schwefel u. Metallen + E
durch Reiben mit der Hand, mit Wollenzeug oder mit Papier — E

Weisse Seide mit schwarzer, mit Metallen oder schwarzem Tuch + E
mit Papier, Pelzwerk oder mit der Hand + E

Siegellack mit einigen Metallen + E
dagegen mit Eisen, Reisblei, Blei, Wismuth und den meisten unmetallischen Substanzen — E

Vergl. Phil. transact. LI. 304. und SINGER's Elemente der Electricität und Electrochemie. A. d. Engl. v. C. H. MÜLLER. Breslau 1819 20. ff. Nach RITTER ist die Spannung (+ oder — electr. Anhäufung) zweier Körper (sowohl Leiter als Isolatoren) a und z, jedes Abstandes in ihr, gleich der Summe aus den einzelnen Spannungen von ab, bc, cd u. s. f. bis und mit yz. Werden einzelne Glieder aus der Spannungsreihe der Leiter mit solchen aus der Spannungsreihe der Isolatoren zusammengebracht, so verhalten sie sich nach R. wie Glieder der letzten Reihe, und umgekehrt. — Beide, Isolatoren und Leiter bilden nach R. folgende Spannungsreihen, auf die zum Theil schon früher BERGMANN aufmerksam machte.

Spannungsreihe der Isolatoren.	Spannungsreihe der Leiter.	Beide vereint bilden folgende:
— E.		— E.
Schwefel	Wasser	Schwefel
Siegellack	Manganoxyd	Manganoxyd
Schwarze Seide	Graphit	Schwarze Seide
Weisse Seide	Erze	Silber
Papier	Kohle	Wolle
Holz	Silber	Kupfer
Wolle	Kupfer	Glas
Glas	Eisen	Zink
Turmalin	Blei	Demant
Demant	Zink	
+ E.		+ E.

Die Kohle ist in ihrer Leitungsfähigkeit und Annahme der Stärke von + und — E gegen unter oder über stehende Glieder sehr verschieden. Uebrigens sind die Glieder in vorstehenden Reihen so gestellt, daſs das nach + E zustehende mit dem vorhergehenden gerieben stets + E, hingegen mit dem nachfolgenden, noch weiter als es selbst nach + E zu liegenden: — E erhält. — Die negativeste Substanz unter allen ist, nach bisherigen Beobachtungen, die heisse Luft, die die positiveste der Demant. — Kortum hat in Lichtenbergs Magaz. B. X. S. 15. Vergl. Ritter a. a. O. S. 124. u. f. mehrere Versuche beschrieben, die zur Ergänzung obiger Reihe dienen können. Er lieſs eine

Menge von Substanzen durch Siebe von Mousselin, schwarzem Taffent, weissem Taffent, Haar und Silber in Pulverform fallen; mehrere unter ihnen, z. B. Borax-, Zucker-, Citronen- und Weinsteinsäure, Zucker, Mennige, Zinnober, schwefelsaurer Zink und Talk, sublimirter Schwefel, gepulverter Quarz, Kopal, Bimstein, Drachenblut, China, Rhabarber u. s. w. wurden — E. Hingegen kohlensaures Kali, Natron, (Ammoniak), Kochsalz, Salpeter, schwarzes Eisenoxyd, weisser Flufsspath, Waizenmehl u. s. w. + E, mehrere andere bildeten 3 Glieder, zwischen — und + E der andern schwebend. — Ueber mehrere ähnliche Versuche vergleiche man von Arnim a. a. O., Hauy in den Annal. du Museum nation. d'histoire naturelle. T. III. p. 309 — 314 übers. in Gehlen's N. A. J. d. Chemie. B. III. S. 96—100. Kortum a. a. O. S. 3—9. Vasalli in Gilbert's Annal. B. VII. S. 498 v. Gersdorff ebend. B. XVII. S. 200. — Cavallo's Electricitätslehre. B. II. S. 4. Dessen Experimentalphys. IV. B.

5) Aber nicht nur durch Reiben, sondern auch bei allen übrigen Arten der Electricitätserregung entsteht jener electrische Gegensatz. Bringt man auf rothglühendes, stark rostiges Eisen plötzlich Wasser, so wird das Wasser positiv electr., im Gegentheil negativ, wenn das Eisen nicht rostig war. Wird Wasser auf rothglühendem Bouteillenglase verdampft, so erhält das Glas und das etwa zurückgebliebene Wasser positive Electricität. Leitet man heissen Wasserdampf auf eine ziemlich grosse und isolirte Metallplatte, so wird dieselbe durch die an ihr vorgehende Verdichtung des Dampfes positiv electr. Weingeist oder Aether, auf heissen Kohlen verdampft, hinterläfst die Kohlen negativ; geriethen beide Flüssigkeiten aber in Brand, so erzeugte sich keine Electricität. — Die von Liphardt und später von Bünger (Gilbert's Ann. XXIII. 2. S. 230) beob. Electricität. der in zinnernen Kapseln abgekühlten Chocolade. — Schmilzt man Schwefel in einem silbernen Löffel, so zeigt der geflossene Schwefel

negativ. E, und das Silber höchst positiv. E; beim Erstarren des Schwefels geht gleichsam mit beiden Verhältnissen eine Wandelung vor, der Schwefel erhält positive, das Silber negative Electricität. Wird er hingegen in gläsernen Gefässen geschmolzen, so hat er nach dem Abkühlen —E und das Glas +E. Vergl. VOLTA's metereol. Briefe. Leipz. 1793. I. 257. LAVOISIER und DE LA PLACE über die E, welche die Körper absorbiren, wenn sie zu Dämpfen werden, aus den Mem. de l'acad. de Paris. 1781 übers. in LAVOISIERS Schriften von LINK. Greifsw. 1792. S. 59. CAVALLO a. a. O. II. 159. ff. Dasselbe findet beim Turmalin, (auch Aschenzieher, holl. Aschentreker genannt) brasilianischen und sibirischen Topas, kryst. Galmei, Mesotyp, Boracit, Phrenit u. m. anderen Gesteinen statt (vgl. AEPINUS von den Eigenschaften des Turmalins. Uebers. Gräz. 1772. 8. GRENS Journ. d. Phys. VII. 87. WILSON in den phil. Aransacs. LI. I. 308. WILKE in den schwed. Abh. XXIII. 95. und XXX. 1. und BERGMANN Opusc. V. 402.), und was in beiden vorhergehenden Substanzen, im blossen Nebeneinander sich gestaltete, geht hier wechselnd in ein und derselben Substanz vor. Durch Erwärmung wird nemlich das electrische Verhältnifs unter Form des Magnetismus (vergl. §. 5. S. 56) in dem Turmalin erregt. Im Dunkeln bemerkt man dabei nach zwei gegen überstehenden Richtungen einer (mit der Richtung seiner Blätter und Streifen gleichlaufenden) Linie ein lebhaftes + und — electrisches Leuchten, und das Electrometer zeigt beide Electricitäten an. Der Pol, der durch dieses Erwärmen negativ wurde, wird beim Erkalten positiv. Erwärmt man das eine Ende (Pol), während man das andere erkältet, so bekommen beide eine Electricität. Durch Reiben kann man entweder eines oder beide Enden positiv machen. Berührt man ihn während der Erwärmung oder Erkältung mit einer leitenden Substanz, so erhält er die entgegengesetzte Electricität (an dem einen oder an beiden Enden) von derjenigen, die er sonst er-

halten haben würde. (Ueber den merkwürdigen Boron-Gehalt im Turmalin, Axinit und anderen Gesteinen der Schörlfamilie; s. Breithaupt in Gilbert's Ann. LVIII. 444. LIX. 241. u. LX. 107. 211. 394.)

6) Läſst man zwei entgegengesetzt-electrische Körper sich durch gegenseitige Berührung erschöpfen, und trennt sie dann wieder, so eignen sich mehrere Körper der Art die verlornen Electricitäten wieder an; es ist mithin bei der Berührung der verschiedengeartete electr. Zustand des Innern der Körpersubstanz noch nicht absolut aufgehoben, sondern nur unmerkbar worden. Beccaria nennt dieses die vindizirende Electricität, und hat darüber in seiner Electrisirkunst Th. II. Abschn. VI. mehrere Beobachtungen niederlegt. — So geht auch ein Electrometer, welches in der Nähe der Erde, Mauern, Bäume u. s. w. negativ war, in den positiven Zustand über, wenn man es an heiteren Tagen nicht zu langsam (mithin erschütternd?) vom Boden erhebt. Eine senkrecht schwebende Kupferstange erhält an einem Ende + am anderen — E.

7) Alle diese Beobachtungen zeigen deutlich, daſs jeder Körper beide electrische Zustände + und — E anzunehmen und zu wechseln im Stande ist, und daſs er einer jeden Anregung von bestimmtem electrischen Werthe (z. B. entschieden + oder — E) mit der entgegengesetzten aus sich selbst entwickelten Electricität zu folgen vermag.

8) Elektrisirt man einen Isolator durch Reiben auf der einen Seise, so erhält er auf der entgegengesetzten nicht geriebenen Seite ebenfalls und dieselbe Electricität, und entzieht man diese der einen Seite, so verliert die andere ihre Electricität gleichzeitig von selbst; man kann annehmen, daſs sich im Innern eines solchen Isolators zunächst den Oberflächen der mit dem gleichnamigen E beladenen Seiten, Schichten von entgegengesetzter electrischer Ladung bilden, welche die gleichartigen E beider Oberflächen in Spannung halten, wie

denn überhaupt jeder auf seiner Aussenfläche nur eine Art E darbietende Letter, in seinem Innern ohne Zweifel das entgegengesetzte (+ oder —) E besitzt, welches gegen das äussere E ziehend wirkt, und sich von diesem E unter andern auch dadurch unterscheidet, daſs es nicht bloſs von einer Gegenfläche, sondern von der ganzen Substanz der geladenen Materie gezogen ist. — Berührt man einen geladenen Leiter, mit einen Nichtleiter, so nimmt dieser nur dann das E desselben an, wenn er mit einem andern Leiter in Verbindung steht, zeigt dann aber an der dem geladenen Leiter abgewendeten Seite das seinem und dem von ihm erhaltenen E, entgegengesetzte E. Ueber electr. Vertheilung im Turmalin; vergl. auch Biot a. a. O. II. 425. Singer a. a. O. 425. ff.

§. 109.

Die meisten der vorhin aufgeführten Beob. zeigen, daſs jeder electrisch geladene Körper, in seiner Nähe eine Electric. hervorruft, die der seinigen entgegengesetzt ist; ein Verhältniſs, welches der magnetischen Vertheilung ähnlich, die electrische Vertheilung genannt wird, und entweder einen oder zwei und mehrere gegenüberstehende Körper, in einen electrischen Magnet verändert. Der erstere Fall ist z. B. beim Turmalin gegeben, wo beide (+ und —) electrische Werthe, in einer und derselben Substanz gleich den Polen eines Magnets entwickelt werden, der andere in allen denjenigen Fällen, wo zwei sich berührende Körper, nach der Berührung (Reibung u. s w.) + und — E zeigen; aber nicht bloſs bei Isolatoren, sondern auch bei zwei Leitern, wenn beide durch eine dünne isolirende Schicht getrennt sind, und der eine davon bereits mit einer der Electricitäten geladen ist, erfolgt electr. Vertheilung. Hieher ge-

hört die Einrichtung der Kleistischen – oder Leidner– oder der sogenannten Verstärkungsflasche und die mehrerer ähnlichen Apparate.

Bemerk. 1) Zur Erläuterung der electrischen Vertheilung diene folgendes Schema, (vgl auch Oersted a.a.O.)

$$A + E - E \overset{B}{\underset{\text{Indifferenz}}{\rule{4cm}{0.4pt}}} - E + E$$

B sei z.B. ein unelectrischer isolirter Leiter der ersten Klasse, dem man eine geriebene + E habende Glasstange A nähert, ohne ihn zu berühren oder Mittheilung zu gestatten; so wird das gegen A gekehrte Ende des Leiters — E und das abgekehrte Ende gleichzeitig + E erhalten. Diese electrische Spannung des isolirten Leiters, wird aber sogleich aufhören, wenn man die Glasstange entfernt; welches am besten zwei an Strohhalme beieinander hängende Korkkügelchen zeigen, die beim + E Ende des Leiters hangend, während der Vertheilung mit + E divergiren, nach Wegnahme des Glases hingegen zusammenfallen. Nähert man wiederum die Glasstange, und berührt zugleich mit einem Finger das + E Ende des Leiters, so werden die noch divergirenden Kügelchen zusammenfallen, indem das + E des Leiters dem Finger mitgetheilt wird, und das — E des Leiters durch das Glas gebunden ist. Zieht man hingegen Finger und Glas zugleich weg, so fahren die Kügelchen mit — E auseinander, indem dieses übrig bleibend nun über den ganzen Leiter vertheilt wird. Wählt man statt der Glasstange Harz, so wird der Erfolg derselbe sein, nur wird das — E des Harzes sich gegenüber in B + E, und am abgekehrten Ende von B — E erregen. — Wird Marienglas in Blätter gespalten; so zeigt das eine der beiden getrennten Blätter — E, das andere + E (Cavallo von der Electr. II. S. 384). Dasselbe beobachtete Wilson am trocknen und warmen Holze.

2) Der Körper B erscheint obigem zufolge an beiden Enden mit dem verhältnifsmässig stärsten Ausdrucke ent-

gegengesetzt electirschen Werthes; nach der Mitte zu mit vermindertem, und in der Mitte mit dem schwâchsten. Einung beider E in B, kann wegen der stets mächtiger erregenden und spannenden Einwirkung des Körpers A nicht statt finden, und, indem zugleich dieser Wirkung angezogen, zufolge das gebildete — E des Körpers B von A das + E abgestossen wird, so erklärt sich daraus, weshalb sich in der Mitte von B ein electrischer Ruhe-oder Indifferenzpunct bildet.

3) Gleicht sich das — E des B, mit einem Theil des + E von A aus, so bleibt in B und A nur die gleichnamige Elec. zurück, die dann nach Maasgabe des Leitungsvermögens des Leiters, und ob er isolirt ist oder nicht, auf ihn angesammelt wird; und dann ist die oben berührte electr. Mittheilung gegeben. Bei dem mit der Maschine in Berührung gesetzten isolirten Conductor, ist nämlich die Ansammlung der Electricität ursprünglich auch nur durch Vertheilung bedingt; das + E des Glases ruft zuvörderst — E im Leiter hervor (oder zieht das in seinen o E vorhandene —E an) macht dadurch +E im Leiter frei, welches, so wie das nachkommende nicht mehr durch — E des Leiters zu bindende + E des Glases, nach Maasgabe der Capacität des Conductors angesammelt wird. Steht der Conductor hingegen mit der Erde in leitender Verbindung, so wird stets soviel — E auf ihm erregend, entwickelt, als + E vom Glase erscheint, und was als überflüssiges + E (durch die Erregung des — E) dem Leiter bleiben sollte, wird durch das in der Erde schon vorhandene — E ebenfalls gebunden, und so der ganze electrische Zustand des Leiters fortwährend o E erhalten.

4) Das Schema jeder geladenen Leidner Flasche ist — E. M. + E. I. — E. M. + E; wenn M M Metallbeleg oder Werthe guter Leiter, und I sowohl isol. Schicht, als auch in deren Mitte: electr. Indifferenz bezeichnet. Es sind nämlich in derselben die leitenden Flächen (Belegungen, Armaturae) nur durch eine

dünne Glasschicht getrennt, weshalb die Electr. einer jeden (der äusseren und inneren) Seite, um so stärker auf die andere wirken (ohne diese gegenseitige vertheilend erregende Wirkung im mindesten durch wirkliche Vereinigung in o E aufzulösen) und so ein Maximum von electr. Spannung oder Anhäufung auf beiden Seitenflächen begründen kann. Mehrere Flaschen (oder statt derselben belegte Tafeln), zusammen verbunden, bilden die electrische Batterie, deren Grösse nach dem Inhalt der belegten Flächen bestimmt wird. — Um die einzelne Flasche (oder die Batterie) zu laden, oder zu electrisiren, fafst man sie entweder an der äusseren Belegung, und bringt den Knopf derselben gegen den Conductor der Electr. Maschine, oder man fafst sie an den Knopf, und berührt den Conductor mit der äusseren Belegung. Hat man die Flasche isolirt, und bringt in einem geringen Abstande von der äusseren Belegung eine Ableitung an, so bemerkt man bei jedem zwischen dem Knopf und dem Conductor sich erzeugenden Funken, einen anderen zwischen der äusseren Belegung und der Ableitung. Indem nämlich der innere Beleg $\pm$E von dem Conductor erhält, wird an dem äusseren eine entsprechende Quantität $\mp$ E relativ gebunden, und mithin sein $\pm$ E frei, welches, wenn es nicht abgeleitet wird, auf den inneren Beleg zurück wirkt, und so die Ladung der Flasche unmöglich macht. Der electr. Werth der äusseren Belege ist daher stets (bei einer geladenen Flasche) dem der inneren entgegengesetzt. Am schnellsten wird die Flasche geladen, wenn man die eine Belegung mit dem isolirten Reibzeuge, die andere mit dem Conductor der Maschine in leitende Berührung setzt. Die Dicke des Belegs trägt zur Stärke der Ladung (die bei übrigens gleichen Umständen von der Grösse der Belegungsfläche abhängt) nichts bei, wohl aber vermögen die mehr oder minder isolirende Beschaffenheit des Glases (das bei dem wenigsten Alkaligehalt am mindesten isolirt) die zum Theil von der grösseren oder geringeren Dicke, Reinigkeit

und Temperatur desselben bestimmt wird, die Continuität der Belegung und deren verschiedenen glatten Oberflächen, die mehr oder weniger grosse Trockenheit der Luft u. s. w. Veränderungen in der Ladung zu bewirken, die der Absicht des Experimentators zuwider sind (vgl. Bohnenberger's Beiträge u. s. w. I. St. S. 1. f. u. II. St. S. 11. f.). — Ist die geladene Flasche oder Tafel vollkommen isolirt, so zeigt keine der einzeln berührten Belegungen einen Funken, und verliert ihren Zustand bei trockner Luft in langer Zeit nicht; ja sie behält ihn sogar, wenn die dazu besonders eingerichteten beweglichen Belegungen einzeln durch isolirte Substanzen getrennt werden; und zeigt ihn bei nachheriger Annäherung derselben und Verbindung mittelst leitender Substanzen wieder. Verbindet man beide Belegungen der geladenen Flasche durch irgend eine leitende Substanz (Erschütterungskreis); so entladet sich die Flasche, und der dadurch erzeugte, jedoch bei jeder Flasche seine Grenze habende Schlag, ist um so stärker, als zur Ladung mehr Funken der Electr. Maschine entnommen wurden. Berührt man den Knopf einer nicht isolirt geladenen Flasche, und setzt dadurch eine unvollkommene Leitung zwischen beiden Belegungen, so entladet sie sich in kurzer Zeit ohne Erschütterung. Wurde bei der Ladung das Maas der Funkenvertheilung überschritten, oder die Flasche überladen, so entladet sie sich von selbst über den unbelegten Rand, und oftmals wird sie dabei zerschmettert. Bei gleicher Leitungsfähigkeit mehrerer leitender Substanzen nimmt der Erschütterungsfunken stets den kürzesten Weg; und der die Entladung vermittelnde Leiter wird übrigens (selbst wenn er auch isolirt ist) nicht selbst electrisirt. Bewirkt man die Entladung dadurch, dafs man mit einem gekrümmten, an beiden Enden zugespitzten Drath, die beiden Belege gleichzeitig berührt, so bemerkt man bei der Entladung keinen Funken, sondern ein zischendes Ueberströmen; jedoch zeigt sich an der, der innern Belegung zugekehrten Spitze des

Draths (wenn die Flasche durch den Conductor der Glasmaschine geladen war) ein leuchtender Stern, an der äussern Belegung hingegen ein Feuerbüschel (Vgl. oben). Um zwei Flaschen zu laden, isolirt man eine derselben, und bringt ihre äussere Beleg. mit der innern einer andern nicht isolirten Fl. in leitende Verbind., und electr. dann ihre innnere Belegung. Es werden dann beide Fl. mit ähnlichen E. geladen. Ladet man mehrere Fl. auf diese Art, so findet man, daſs jede folgende eine schwächere Ladung hat, als die vorhergehende. Setzt man hingegen die inneren Belegungen mehrerer Flaschen, — so wie auch die äusseren, also die sich gleichartigen, in leitende Verbindung und ladet sie dann mittelst des Conductors d. M., so erhält man die oben erwähnte electr. Batterie, deren Entladungsstärke um so grösser ist, als es die Grösse ihrer Belegungsflächen waren (vergl. oben). Bei jeder Entladung einer Flasche werden nur die Electr. der Beleg. vereint, es bleibt daher noch die des Glases zum Theil übrig, weil dasselbe als Nichtleiter den Uebergang hindert; man nennt diese Electr. den Rückstand oder das Residuum, und kann sie kurze Zeit nach der ersteren Entladung, als einen in Verhältniſs der ersteren sehr schwachen Schlag, auf gleiche Weise ausziehen. Es bewirkt nämlich der electr. Zustand des Glases, durch Vertheilung, das Hervorgehen zweier der eigenen electr. Stärke entsprechenden electr. Werthe, in in denen durch die erstere Entladung indifferenzirten Beleg. Das Glas wird dadurch nothwendig = o, und die Belege = + und — E electrisch, welches sie dann durch die zweite Entladung bezeugen. — Bei einer starken Batterie ist jener Rückstand oftmals noch bedeutend genug, um einen sehr heftigen Schlag hervorzubringen. Ueberhaupt sind die Wirkungen der verstärkten Electr. der Flaschen und der Batterie, in Vergleich mit denjenigen der blossen Maschine, bei weitem stärker. Entzündliche Substanzen, wie Wasserstoffgas, Alkohol, Aether, Harz, Baumwolle, Schwefel, Schieſs-

pulver u. s. w. werden schnell entflammt, Metalldräthe geschmolzen und in Dämpfe gewandelt (v. Marum schmolz mit einer Batterie von 550 Quadr. Fuſs Belegung einen 25 Zoll langen und $\frac{1}{40}$ Zoll im Durchmesser habenden Eisendrath) kleine Thiere getödtet, und thierische Reizbarkeit in allen den Theilen vernichtet, durch die der electrische Funke geht. Kartenblätter (so wie auch mehrere Bogen Papier, Eier, Glasscheiben u. dgl.) durchbohrt, und zwar so (vielleicht von der durch den Widerstand bewirkten allseitigen Explosion), daſs der Rand des Löchleins nach beiden Seiten aufgeworfen ist. Läſst man Glasscheiben bloſs durch den Funken bestreichen, ohne sie zu zerschmettern — welches letztere am leichtesten statt findet, wenn die Richtung des Funkens die Bruchfläche des Glases trifft — so hinterläſst derselbe eine unverwischliche schwärzliche Spur, die auf Veränderung der Lage der Krystalltheile des Glases deutet, und bisher zu wenig berücksichtigt wurde.

5) Besondere Aufmerksamkeit verdienen aber in chemischer Hinsicht die Wirkungen auf verschiedene Luftarten, Alkohol und ähnliche Flüssigkeiten, und besonders auf das Wasser; vergl. meine Materialien I. Bd. S. 243. ff. 264. ff. 34. 35. 36. 104. 147. f. 164. 203. 224. 22c. ff. 233. ff. 239. u. s. w. Da wir die Einwirkung des electr. Verhältnisses auf die genannten Substanzen, so wie auf mehrere andere, in der Folge bei der Untersuchung solcher Körper selbst, näher berücksichtigen werden, so genügt es hier, nur anzuzeigen, daſs das Wasser durch Einwirkung des + und — E (d. i. durch Störung des chemischen Gleichgewichts mittelst des aufgehobenen electrischen Gleichgewichts) zu zwei diesen Potenzen in chemischer Hinsicht ähnelnden Gegensätzen ausgebildet oder zerlegt wird, nämlich in Hydrogen oder Wasserstoff und Oxygen oder Sauerstoff; s. oben S. 465. Daſs die Luft durch Electrisirung ausgedehnt werde, suchte man bereits im Hamburg. Magazin VII. S. 285. durch die Bemerkung

darzuthun, daſs beim Einschlagen des Blitzes die Fensterscheiben auswärts gebogen werden. Vergl. PRIESTLEY's Geschichte der Electr. Deutsche Uebers. S. 53.; über die FRANKLINschen Tafeln, zuerst von LEWIS 1747 angegeben; vergl. Phil. Transact. N. 485. p. 93; BOHNENBERGERS Beiträge I. S. 1. ff. BECCARIAS Masse aus gepulvertem Marmor und Colophonium, statt des Glases der Flasche. Verstärkung der Wirkung durch Anhäufung der inneren Belege. Vergl. CUTHBERSON in GILBERT's Annal. III. 1. S. 3. Nöthige Vorsicht beim Laden einer Batterie. Tödtung von Bäumen durch starke electr. Schläge. GILBERT's Ann. I. 3. und v. MARUM's 2te Forts. u. s. w. S. 171. FRANKLIN's Zaubergemälde u. s. w. CAVALLO a. a. O. I. S. 236. Herstellung der Metalloxyde; v. MARUM a. a. O. S. 37. und GILB. Ann. I. 3. 271. Ueber die angebl. Hitze des electr. Funkens und das Nichtsteigen des Thermometers; v. MARUM in GILBERT's Ann. I. 2. S. 247. Ueber die Ausdehnung der Luftarten durch den electr. Funken; v. MARUM a. a. O. S. 39. und KASTNERS Materialien a. oben a. O. LICHTENBERG's Figuren auf belegten Glastafeln. REMER in GILBERT's Ann. VIII. 3. S. 326. Die Leidner Flasche (Phiola Leidensis) wurde durch von KLEIST den 11. Octob. und durch CUNAEUS und MUSCHENBROEK in Leiden entdeckt; sie ist bei übrigens gleichen Umständen um so wirksamer, je reiner, härter und glätter das Glas derselben, je genauer die Metallfolie anschlieſst, je mehr letzte abgeglättet worden, und je grösser die Flächen sind, welche sie mit ihren Metallbelegen und mit ihren Metallfreien Rändern darbietet.

6) Auf ähnliche Weise wie in der Leidner Flasche beide Electricitäten gegenseitig gebunden, und in der bestimmt entsprechenden Spannung erhalten werden, findet dieses auch bei dem von WILKE 1762 erfundenen und von VOLTA verbesserten, beständigen Electricitätsträger oder Electrophor statt; nur daſs hier Anhäufung und Wirkung minder stark sind. Reibt man

nämlich den dünnen, glatten, in einer metallenen (oder hölzernen, mit Stanniol überzogenen) Scheibe oder Schüssel ruhenden, und damit die Basis des Electroph. bildenden Kuchen (aus schwarzem Pech, Harz, Siegellack, Glastafel, oder ähnlichen isolirenden Substanzen bestehend) indem man ihn, am besten nach vorangegangener gelinder Erwärmung, mit einem trocknen warmen Katzenfelle oder Fuchsschwanze peitscht, und setzt dann mittelst seidener Schnüre oder eines isolirenden Handgriffs, den aus einer stark leitenden Substanz, z. B. Zinn oder Holz mit Stanniol bezogen, bestehenden Deckel (oder die Trommel oder der Conductor des Electroph) der stets kleiner als der Kuchen sein mufs, darauf, und berührt diesen nun mit dem Finger, so erhält man einen kleinen electr. Funken; hebt man hierauf den Deckel wieder an den Schnüren (also isolirt) ab, und berührt dann den Kuchen, so bekommt man ebenfalls einen kleinen Funken. Je weniger die Basis isolirt steht, um so besser gelingt der Versuch. Ein mit dem Deckel in leitender Verbindung stehendes Electrometer zeigt beim Aufsetzen jedesmal die gleichnamige Electricität des Kuchens; hingegen nach der Fingerberührung und Funkenentstehung, und an dem in beträchtlicher Ferne wieder von dem Kuchen unberührt und isolirt in die Höhe gehobenen Deckel, keine Electricität. Berührt man ihn hingegen, ehe man ihn aufhebt, so zeigt er, nach dem Abheben, die der Kuchenelectricität entgegengeseszte Electricität. Sie ist ihm mithin nicht durch den Kuchen mitgetheilt, sondern durch Vertheilung bei der Fingerberührung auf ähnliche Weise, wie dem zweiten Beleg in der Leidner Flasche (vgl. oben) in ihm erregt worden. Auf ähnliche Art wie in der L. Fl. wird übrigens in dem Deckel und dem Kuchen, die einmal erregte Electr. gebunden, und in gleichmässiger Spannung erhalten. — Berührt man mit einem Finger die nicht isolirte Basis, und mit dem andern den isol. darauf gelegten Deckel; so entladen sich beide

durch einen Erschütterungsfunken, und beide Electricitäten sind gänzlich indifferenzirt. Statt den Kuchen mit dem Fuchsschwanze zu peitschen, um ihn electr. zu erregen, kann letzteres auch mittelst der Electrisirmaschine geschehen; legt man nämlich auf die isolirte Basis den Deckel, berührt ihn mit dem Finger oder einem anderen nicht isolirten Leiter, während man die Scheibe durch eine E: Maschine positiv electrisirt, so ist der Electrophor vollkommen dem gepeischten gleich. Berührt man mit dem Deckel — nach geschehener Electrisirung und Aufhebung — den Knopf einer Leidner Fl.; und hält dabei ihre äussere Beleg. in der Hand, oder setzt sie einer leitenden Verbindung aus; oder berührt umgekehrt die äussere Beleg. u. s. w. (vgl. oben) so wird die L. Fl. nach und nach geladen. Umgekehrt kann auch die Electr. des Electroph. durch eine geladene Flasche verstärkt werden; soll er nämlich mehr negative Electr. haben, so fährt man mit der auf der innern Seitenbeleg. positiv geladenen Flasche auf dem Kuchen hin und her, indem man sie bei dem Knopfe anfafst.

7) Eine gute Electrophorkuchen-Masse erhält man, wenn man eine Gemisch von $1\frac{1}{2}$ Theilen Schellack, 1 Vened. Terpenthin, 2 Colophonium und $\frac{1}{2}$ Mastix ohngefähr $\frac{3}{4}$ Stunden hindurch in ruhigem Flufs erhält, so dafs alle Feuchtigkeit derselben entwichen und die blasenfreie Masse vollkommen gleichförmig ist. Um alle Blasen auf der Oberfläche beim Erkalten zu verhüthen, hält man solange über der erkaltenden Masse ein heisses Blech, bis jede Spur einer Blase verschwunden ist. Ueber Lichtenberg's grosses Electrophor und dessen »Doppelelectrophor«, Goth. Mag. I. 42. Ueber Weber's Doppelelectrophor; Gilbet's Ann. LI. 190; u. a. Electrophore mit zwei beweglichen Belegen, welche als solche einer zerlegbaren Leidnerflasche vergleichbar sind; Gehler's Wörterb. a. a. O Ueber Richmann's belegte Glastafel zur Nachweisung der

Herstellung des electr. Gleichgewichts der Leid. Flaschen; Biot a. a. O. II. 390.

8) Eine ähnliche Weise — gegenseitig entgegengesetzte Electricitäten in gleichmässiger Spannung oder gebunden zu erhalten, wie sie bei dem Electroph. gegeben ist, findet noch in vorzüglicherem Grade bei dem von Volta erfundenen Condensator der Electricität statt. Er ist wie der Electroph — aus einer Basis, die aber aus einem einzigen Halbleiter, z. B. aus einer trocknen Marmorplatte — (oder aus mit Siegellack oder Firnifs dünn überzogenem trockenen Holze u. s. w.) besteht, und aus dem beweglichen metallenen Deckel zusammengesetzt. Bei dem Gebrauche setzt man den Deckel auf die nicht electrische Basis, und bringt ihn mit derjenigen Substanz in leitende Verbindung, deren Electricitäts-Zustand untersucht werden soll. Er erhält dadurch einen dem electr. Zustande der Substanz entsprechenden Electricitäts-Grad. Dieser bewirkt in der Basis Electricit. Vertheilung, wodurch die in dem Deckel zuvor gesammelte Electr. gebunden, und dieser geschickt gemacht wird, der Substanz eine neue Quantität zu entnehmen. Es geht dieser Procefs bis auf einen gewissen Punct fort; hebt man darauf den Deckel an dem isolirenden Griff in die Höhe, so zeigt sich die frei werdende, angehäufte, sonst gebundene Electricität, mit grösserer Energie, als es ohne Gebrauch des Condensators der Fall gewesen sein würde. Es lassen sich daher mit Hülfe dieses Instruments die schwächsten Electricit. der Körper anzeigen, weshalb es auch von einigen Mikroelectroscop oder Mikroelectrometer genannt worden ist.

9) Lichtenberg schlug vor, zum Condens. ein zwischen zwei Metallplatten liegende dünne Luftschicht anzuwenden; d. h. ebenfalls die E in dem Leiter dadurch zu binden, dafs sie unvollkommene Leiter berührend, in wechselseitiger Gegenwirkung erhalten wird; und hierauf gründet sich die Einrichtung des Cavalloschen Collectors mit doppelter Luftschicht. Vergl. dessen

Experimentalphys. 4 Bd. und philos. Transact. Vol. 78 S. 255. und GRENS Journ. der Phys. Bd. I. S. 275. ff. und LICHTENBERG in ERXLEBENS Naturlehre 6te Aufl. S. 505. — VOLTA in den Phil Transact. Vol. 72. P. I. Auf gleichen Gründen beruht auch BENNET's von NICHOLSON verbesserter Duplicator, und dient zu demselben Zwecke. Auch CAVALLO hat denselben zweckmässig verändert. Vergl. GREN u. a. B. I. S. 49. ff. u. B. II. S. 61. ff. WEBERS Glascondensator; GILBERT's Ann. XI. 3. S. 344. READS von CUTHBERSON verbesserter Consendator; ebend. XIII. 2. S. 208. GILBERT über die Instrumente, welche bestimmt sind, sehr kleine Grade von Electr. zu verstärken und merkbar zu machen; dessen Ann. IX. 2. DESORMES und HATCHET über den Verdoppler. Ebendas. XVII. 4. S. 414. Auch eine »Leidner Flasche« kann als Condensator dienen, wenn man mit derselben jene Beobachtung als absichtlichen Versuch widerholt, welche zur Erfindung des Condensators leitete. Berührt man nemlich den Knopf ihres inneren Belegs widerholt mit jener Substanz, deren E geprüft werden soll, während ihr äusserer Beleg mit der Erde in leitender Verbindung steht, und isolirt darauf auch diesen äusseren Beleg, so erscheint sie nun schwach geladen, und zeigt nun auf dem inneren Beleg das durch den berührenden Körper mitgetheilte E (auf dem äusseren hingegen das diesem entgegengesetzte) am genäherten Electrometer, während vor der Isolation des äusseren Belegs, weder an diesem noch am inneren freies E bemerkbar wurde (indem das dem äusseren Belege fortdauernd zukommende E, jenes schwache E des inneren Belegs bindet und unbeweglich macht). — VOLTA, statt dem inneren Beleg der Flasche der isol. Metallplatte seines Condensators, unter Berührung des schlechten Leiters (der Marmorplatte, oder des seidenen Tuchs u. s. w.) die zu bestimmenden geringen Mengen des E eines in dieser Hinsicht zu prüfenden Körpers mittheilend, konnte nicht verhüthen, daſs der schlechte Leiter durch den Druck der Metall

platte selbst electrisirt werde, weshalb Lichtenberg die Luftschicht dem festen schlechten Leiter (dem Marmor u. s. w.) substituirte, indem er eine Messingplatte mit drei Glasstückchen (besser drei Siegellacktröpflein) zur Unterlage der isolirten oberen Metallplatte machte; wodurch er denn auch die durch Berührung ungleicher Materie entstehende Electricitätserregung angiebt.

10) Wenn eine electr. Batterie oder eine einzelne L. Flasche um so wirksamer genannt werden kann, je kleiner der Entladungsrückstand ist, den sie darbietet (S. 493.) so ist umgekehrt die Kuchensubstanz des Electrophors nur insofern vorzüglich, als sie auch nach jeder Entladung noch ferneren Rückstand behält, und je länger sie diesen zeigt.

11) Die Verbreitung der Electricität von der Oberfläche eines etectrisirten Körpers in die umgebende Luft, in Folge deren (wiewohl schlechten) Leitung, nennt Franklin die electrische Atmosphäre; sie ist je näher dem Körper um so dichter, und von ihr geht zunächst die vertheilende Wirkung der E aus. Werden daher zwei gleichnamig electrisirte Körper einander innerhalb eines gasigen Mediums genährt, so wirken beide nicht nur nach denen einander zugewendeten, sondern auch nach denen ihnen abgewendeten Seiten vertheilend, und es erzeugt so jeder um sich herum eine seiner eigenen entgegengesetzte, ihn anziehende electrische Atmosphäre. Da aber der Electricitätsgehalt des zwischen liegenden Gases zwischen beiden Körpern getheilt wird, während jede der abgewendeten Seiten aus dem sie begrenzenden Gase, durch ihre vertheilende Wirkung die volle und ungetheilte Menge entgegengesetzten und als solches anziehend wirkenden E's erhalt, so werden beide Körper nicht dem halb sogrossen Zuge des zwischen ihnen erregten entgegengesetzten E, sondern dem nochmal sogrossen Zuge des äusseren Gegen-E folgen, und mithin, indem jeder dem stärkeren Aussenzuge folgt, sich von einander entfernen; hingegen wird diese Entfernung, d. i. die Abstossung dort

wegfallen, wo überhaupt, aus Mangel an umgebendem (gasigen) raumerfüllenden Medium, gar keine electr. Vertheilung innerhalb der Umgebung statt haben kann, d. i. in der Leere; vergl. S. 474. Uebrigens zeigt das Nichtabstossen gleichnamig electrisirter Körper in der Leere *a*) dafs dieselbe keine Electricität (oder nach Symmer: kein oE) enthält; *b*) dafs mithin auch die Himmelsräume electricitätsleer sind; *c*) electrische Phänomene mithin nur innerhalb der Weltkörper und der sie umgebenden Gase statt haben können und *d*) dafs daher auch die Wirkungen des Lichts und der Schwere innerhalb der letztgenannten Räume nicht Erfolge der Veränderungen angeblich in jenen Räumen wirkender Electricitäten sein können. Auch wird aus den Abstossungon in den gaserfüllten Räumen wahrscheinlich *α*) dafs die Electricität vorzüglich der Luft zugehört; *β*) dafs ihre Menge der die Erde umgebenden und den Erdkörpern anhaftenden Luftmenge proportional sei; *δ*) dafs dieselbe mit der Luftdichte in regelmässigem Verhältnifs stehe; *ε*) dafs, wenn auch das Innere der Erde mit Electricität erfüllt ist, die gesammte Erdelectricität ein Volum habe, welches dem Volum der ganzen Erde sammt deren Atmosphäre gleichkomme; *ζ*) dafs mithin auch für einzelne kleinere Raumsumfänge die respective Electricitätsmenge bestimmbar sein mufs und *η*) dafs endlich die meisten Phänomene der Electricitätserregung, und Ausgleichung, aus den Wechsel wirkungen der Zieh- und Entstralungs (Druck-?) Gewalten der örtlichen Electricität abgeleitet werden können. (Aepinus und Wilke nennen Franklin's electr. Atmosph. den electrischen Wirkungskreis.)

12) Winkler (a. a. O.) nimmt an, dafs jedes Raumerfüllende überall von Electricität umflossen sei, welche von demselben gezogen, es als mehr oder weniger dicht anliegende electrische Atmosphäre umgebe und durchdringe. Die Anziehung der Raumerfüllenden zu dieser Atmosphäre reiche auch dann noch hinsichtlich ihrer Wirkung aus, wenn der Luftdruck, dem das

Raumerfüllende unterliegt, gemindert oder ganz beseitigt werde, und nur durch Bewegung, in welche man jene Atmosphäre versetze, werde dieselbe zunächst zur divergenten Entstralung veranlaſst. Das Electrisiren durch Vertheilung sei gleich einem Trennen der Theile der ruhigen Atmosphäre durch die bereits bewegte; aber jeder Trennung der Art folge die in der ursprünglichen Anziehung der Electricität begründete gegenseitige Bestimmung zur Wieder-Näherung; dieses gebe das Spiel der electrischen Abstossung und Anziehung. Isolatoren wären durch Reiben von ihrer Atmosphäre trennbar, Metalle und ähnliche gute Leiter hingegen zögen ihre resp. Atmosphären so stark an, daſs keine mechanische Gewalt hinreiche, sie in einigermaassen beträchtlicher Menge abzulösen. Auch die Wärme vermöge bei den Isolatoren die mechanisch trennende Gewalt zu ersetzen, und die Electricität selbst sei ein durch Wärme sich ausdehnendes Wesen; daher mindere auch zu grosse Reibungswärme die Stärke der Electricität. Die Atmosphäre der Metalle sei nur durch schon freiwirkende Atmosphären der Isolatoren bewegbar, und solche trennende Bewegung erfolge, wenn die Electricität des Glases den Conductor electrisire. Auch glühendes Eisen sei durch die Gluthwärme seiner Atmosphäre noch nicht baar, sondern sei noch im solchem Maasse durch Mittheilung electrisirbar, daſs es mittelst der durch dasselbe auf bemerkte Weise fortgepflanzten Electricität einen Funken gebe, der Weingeist zünde. Der Magnet schiene dagegen die Electricität des geriebenen Glases so stark zu binden, daſs ihr die Rückkehr zur Luft und zum Glase abgeschnitten werde; denn er schwäche die Intensität der mitgetheilten Electricität auffallend (?) vergl. auch: Andr. Willström's hieher gehörige Beob. in den Schwedisch. Abh. XX. 157. Ein durch eine kleine Oeffnung in ein finsteres Zimmer einfallender Sonnenstral, werde durch den electrischen Funken und überhaupt durch Fernewirkung der Electricität nicht abgelenkt oder gebogen, was

Mangel an Anziehung zwischen dem Lichte und der Electricität folgern lasse. Auch erinnert W. daran, daſs die Theilchen der grösseren Glasfläche in derselben Zeit von demselben Reibzeuge weniger gerieben werden, als die der kleineren Fläche; und daſs, wenn in dem bemerkten Falle die Wirkung durch Vergrösserung der Glasfläche zunehmen soll, auch die Reibungs-Geschwindigkeit gleichmässig vermehrt werde müsse. Im dicken Glase sei die innere Elektricität minder beweglich als im dünneren; weshalb denn auch das dickere Glas mehr Reibungsstärke erfordere als dünnes, um gehörig electrisirt zu werden; auch setze die Reibungswärme im dikkeren Glase die innere Electricität später in Bewegung als im dünneren, weil das Glas ein schlechter Wärmeleiter sei. — Ueber den neuerlich durch Kieser u. a. bestätigten störenden Einfluſs der Electricität des Glases auf die Nadel des Compasses; vergl. auch Robins in d. Phil. Transact. 1746. N. 480 und Sartorius in Voigt's Mag. X. 231. ff.

13) A. v. Humboldt, Ackermann u. v. A. nehmen ebenfalls ein atmosphärisches Umflossensein der Körper von der Electricität an, leiten von diesen electrischen Atmosphären zunächst die Phänomene der Electricitätserregung durch Berührung ungleicher Leiter ab, und v. Humboldt findet, daſs zwei übrigens vollkommen gleiche Leiter auf einander Electricitäts-erregend wirken, wenn sie nur ungleich warm sind; s. weiter unten Abschnitt E und Cap. VI. Hiernach würden die electrischen Atmosphären der Leiter durch die ungleiche Anziehung sich berührender Materien in Bewegung gesetzt, und mithin selbst Wesen sein, welche nicht nur der allgemeineren, der Dichtigkeit der Materien proportionalen Ziehgewalt sondern auch (wie die Zersetzungen chemischer Gemische bezeugen) den besonderen chemischen Ziehbestimmungen Folge leisten; s. oben S. 131. Das Maass der chemischen Ziehung ist aber die Masse, oder vielmehr die Dichtigkeit, d. h. der stöchiometrische

Werth der einzelnen Materien (vergl. m. Uebers. d. Syst. d. Chem. S. 26 u. ff.) oder der Massenwerth, mit welcher, eine chemisch ziehende Materie, eine andere gegen eine dritte, hinsichtlich der Herstellung des chemischen Gleichgewichts zu vertreten vermag, steht mit ihren Dichtigkeiten im geraden (und mit ihren Cohärenzen im umgekehrten) Verhältnifs; es fragt sich daher, ob nicht schon aus jener Erfahrung; dafs bestimmte Mengen chemisch ziehender Materie ebenso bestimmte Mengen von Electricität bedürfen, um ihre chemischen Anziehungen gegen andere gewichtige Chemisch-wirksame aufzugeben (S. 494.), so wie aus der Cap. VI. u. VII. weiter zu verfolgenden: dafs zur electrischen Verflüchtigung und Fortbewegung gewichtiger Stoffe, bestimmte Mengen von Electricität erforderlich sind, folge, dafs die Electricität, wenigstens sofern sie chemisch wirkt, auch als Masse von bestimmter Grösse wirksam ist, und dafs diese Grösse gemessen oder wenigstens geschätzt wird, sowohl durch die Menge eines bekannten, durch Electricität verflüchtigten oder innerhalb des Wassers electrisch fortbewegten Stoffes (mit Berücksichtigung der anderweitigen schätzungsfähigen Einflüsse; z. B. der Wärme u. s. w.) als auch α) durch die Grösse der durch die Electricitäten bewirkten chemischen Zersetzung; β) durch die Ausdehnungsvergrösserung eingeschlossener und als solche electrisirter Luft; s. oben S. 276. γ) durch die Stärke mit welcher sich gegenseitig electrisch ziehende Materien aneinander hängen (z. B. zwei mit Federharz geriebenen Papierscheiben) oder mit welcher überhaupt die electr. Anziehung erfolgt und ε) vielleicht auch durch die Geschwindigkeit, mit welcher die Electricität sich fortpflanzt. Waitz (der auch die electr. Abstossung auf eine der oben S. 500. gegebenen ähnelnde Weise erklärt) suchte 1745 hiernach die Masse der Electricität zu berechnen; s. oben S. 267. Bem. 3.

14) Um Coulomb's Drehwage zum Messen der electr. Anziehungen und Abstossungen zu benutzen, verfertigt

man die Nadel aus Schellack und befestigt an dem einen Ende derselben eine kleine Kugel aus Hollundermark; desgleichen versieht man das untere Ende eines senkrecht in den Glaskasten zu stellenden Schellakcylinders ebenfalls mit einem Hollundermarkkügelchen, und sorgt dafür, dafs die letztere Kugel in dieselbe horizontale Ebene des Kügelchens der Nadel herabhängt; beide Kugel müssen ausserdem nacheinander dem Nullpunkt der Seiteneintheilung entsprechen. Man erreicht diese Bedingung, indem man den Zeiger des Micrometers auf o seiner Eintheilung stellt, und darauf die ganze ihn tragende Trommel solange dreht, bis zuerst die kleine Kugel der Nadel, der o der (auf den Seitenwänden verzeichneten) Eintheilung gerade gegenüber steht, und dann die zweite senkrecht hängende Kugel dieselbe Stellung einnimmt. Durch letzteres wird die Kugel der Nadel vom Nullpunkte um einen Bogen entfernt, welcher der Summe der Radien beider Kugeln gleich ist, und die geringe Drehung die hiedurch entsteht, erhält sie mit der andern Kugel in Berührung. Berührt man nun augenblicklich beide oder eine der Kugeln mit einem freies E besitzenden und isolirten Körper, so werden beide Kugeln vermöge gleichnamiger Electrisirung sich abstossen, und da nur die der Nadel beweglich ist, so wird sich diese um eine gewisse Grösse drehen und nach einigen Schwankungen bei einem entsprechenden Punkte des Gleichgewichts stehen bleiben, welcher auf der Seiteneintheilung zu lesen steht. Es wird mithin der Grad der Drehung welche dem Drathe zu Theil geworden, der abstossenden Kraft beider Kugeln das Gleichgewicht halten und dieselbe messen; Biot a. a. O. Versuche mit dieser Drehwage und mit C's noch feineren electrischen Wage oder Electroscop, wo den Metalldrath ein einfacher seidener Faden (wie ihn der Seidenwurm spinnt) von ohngefähr 4 Fufs Länge ersetzt, und wo die Nadel aus einem dünnen Faden aus Schellack besteht, der 12 Linien lang ist, und sich an

dem einen Ende in einen kleinen Kreis aus sehr dünnem Silberlahn endet, führten unter andern zu nachstehenden Folgerungen; 1) da die jedesmalige Macht der Gesammtziehung oder Abstossung sich für jede Entfernung proportional den Mengen der Electricität verändert, welche jedem der Gegenwirkenden zugehören, so mufs der Ausdruck jener Macht mit dem Producte beider Mengen im Verhältnifs stehen, und jede Kugel oder jeder Kreis wird zu jener Macht nach dem Werthe des Factors beitragen, der von ihnen in die Rechnung eingeführt ward. Diesen die Wirkung der Kugel oder des Kreises messenden Factor nennt Biot die electrische Reaction und läfst diese Benennung auch für alle auch noch so verschieden gestaltete Körper gelten, wenn ihre electrische Wirkung aus einer sogrossen Entfernung erfolgt, dafs sie als blosse Punkte betrachtet werden können; 2) da die Verbreitung der Electricität unter den gleichgestalteten (und gleichen Raumsumfang habenden) Leitern stets in gleichem Verhältnifs statt hat, welche chemische Beschaffenheit auch die Substanz des Leiters haben mag, so wirkt die frei bewegte Electricität auf die Materien, sofern sie dieselben ladet und der electr. Abstossung oder Anziehung fähig macht, nicht vermöge chemischer Gegenziehung oder Verwandtschaft, sondern nur gemäfs der Beschaffenheit, welche die Leiter zu Trägern der Electricität macht.

15) Solange daher die Electricität nicht innerhalb flüssiger Leiter zur Ansammlung und Gegenwirkung gezwungen wird (S. 494.) solange ist sie auch nicht als unmittelbares chemisches Agens in Anspruch zu nehmen; wird dieses hingegen, so wie sie der allseitigen Druck- und Zuggewalt des Tropfbaren, oder auch der hinreichend grossen allseitigen Druckgewalt des Gasigen unterworfen und in Folge derselben zu eignem ruhigem Gegenwirken herabgestimmt worden ist, während sie als entstralende Potenz höchstens den Adhäsionswirkungen und dadurch denen der Haarröhrchen (Muncke's Expe-

rimentalphys. I. 250.) sich unterordnend zu folgen scheint. Hingegen überall, wo beide E von einander entgegengesetzten Richtungen in die Substanz des Leiters schneller einströhmen, als dieser zu leiten vermag, erfolgt, wenn er zu den Leitern 2ter Klasse gehört, von mehr oder weniger (oft kaum merkbarer, öfters hingegen bis zu Sieden des Leiters fortschreitender) Wärme begleitete chemische Zersetzung, und wenn es ein Leiter 1ter Klasse war: oftmals bis zum Glühen zunehmende Erhitzung desselben.

16) Nicht immer wirkt aber die einströhmende oder durchschlagende Electricität als chemisches Agens, wenn sie Mischungen veranlafst oder Zersetzungen vermittelt, sondern häufig scheint die durch sie vermehrte Drukgewalt und Zusammenpressung der Luft, und die in Folge solcher Pressung frei gewordene Wärme den Hauptantheil an den scheinbar, nur durch die Electricität veranlafsten Mischungs- und Zersetzungs-Phänomenen zu haben. Hieher dürften ihrem gröfsten Wirkungstheile noch gehören: die zuerst von CAVENDISH (Phil. Transact. LXXV. p. 372 u. LXXVIII. p. 261) beobachtete Erzeugung der Salpetersäure aus atmosphärischer Luft; das beförderte Verbrennen der Metalle durch Electrisirung in Sauerstoff haltiger Luft (wiewohl hier die electrisch erhöhete Anziehung des Metalls zum Sauerstoff, nicht ohne bedeutenden Wirkungsantheil ist); das Reduziren (Entbrennen) der Oxyde durch den Entladungsschlag; u. s. w. Wenn hingegen Zündschwamm durch den stärksten Funken nur durchlöchert und nicht angezündet wird, während die Zündung sogleich erfolgt, wenn man den Schwamm zuvor durch Drehen zur einsaugenden Spitze steift, und dann dem von Luft bedecktem innern Beleg der geladenen Flasche nähert, so scheint hier die Erhöhung der chemischen Ziehung zum Sauerstoffe durch Electrisiren wenigstens einen eben sogrossen Antheil an der Wirkung zu haben, als die an der Schwammspitze comprimirte Luft und frei

gemachte Wärme. Uebrigens scheinen die chem. Wirkungen der Electricitäten auch darauf hinzuweisen, dafs die verschiedenen Stoffe und deren Gemische, wenn sie zuvor zum Werthe flüssiger (tropfbarer) Leiter 2ter Klasse erhoben werden, ihren chemischen Eigenschaften und mithin ihren stöchiometrischen Werthen entsprechende Capacitäten für das eine oder andere E, oder verschiedene Vermögen besitzen + E oder — E zu binden, und da nur geleitet werden kann, was nicht gebunden wird, so folgt, dafs die Capacität für die Electricität sich verkehrt verhält wie die Leitung; m. System der Chem. S. 117.

17) Einer der Haupteinwürfe gegen FRANKLIN's Hypothese ist die positive Wirksamkeit zweier negativ geladenen, sich abstossenden Körper; indefs fällt dieser Einwurf zum gröfsten Theil weg, wenn man annimmt, dafs die Zwischenluft (oben S. 500.) mit ihrer Electricität gegen jeden einzelnen von Electricität leeren (negativen) Körper halb so stark ziehend wirke, als die Aussenluft mit ihrer ungetheilten Electricität zu wirken vermag. WILKE spricht bei Gelegenheit seiner Beurtheilung jenes Einwurfes, die oben S. 134 angeführte Bemerkung aus, dafs man nur annehmen dürfe: es gebe überhaupt zweierlei Materien, die electrische und die gemeine gewichtige, beide zögen sich wechselseitig an, die Theile jeder einzelnen stiessen sich hingegen ab, und das Beisammensein und Anziehen dieser Theile sei ein nicht durch sie, sondern durch die entgegengesetzte Materie bewirkter »Zwangszustand«. Ueber die electrische Vertheilung nach der ursprünglich von FRANKLIN entworfenen Begriffsbestimmung, vergl. meine Bem. in GREN's Naturl. 6te Aufl. S. 697. u. ff. Ueber die Verschiedenheit des prismatischen Farbenbildes des electrischen Lichtes, von dem des Sonnenlichts u. s. w.; a.a.O. S. 703 u. weiter unten Cap. X. Ueber electr. Vertheilungserscheinungen an einer gegen laufendes Merkur bewegten Siegellackstange;

Dessaigne in Schweigger's Journ. XX. 82 Ueber die Abnahme der Intensität der electris. und isolirten Leiter in der freien Luft (die nach Coulomb bei geringer electrischer Spannung der Luft in gleichen Zeiten um gleiche Grössen abnimmt). Biot a. a. O.— Von der mechanischen Reaction der ausströhmenden Electricität zeugt auch die electr. Spindel und das electr. Flugrad; selbst auch dann wenn diese und ähnliche Apparate in der Guerike'schen Leere beobachtet werden.

18) Bestreut man eine unten mit Metallbeleg versehene Glastafel oben mit gepulvertem Schwefel (oder Colophonium u. s. w.) setzt darauf zwei gleich grosse geladene Flaschen darauf, deren eine auf dem inneren Beleg + E, die andere — E hat, entladet dann diese beiden Belege mittelst des Entladers, so entladen sich die entgegengesetzten E der äusseren Belege unmittelbar in der Richtung der Oberfläche der Platte, und die darauf entstandenen Schwefelstaubfiguren bezeichnen den Weg der sich ausgleichenden E; in Gilbert's Ann. XXIII. 431 u. Wilke a. a. O.

19) Watson versuchte es 1747 die Geschwindigkeit zu messen, mit welcher die beiden E einer geladenen Flasche einander zueilen und sich zu o E ausgleichen. Er verband nämlich die Belege durch Dräthe, die in einem der Versuche zusammen 4 engl. Meilen weit durch feuchte Erde fortliefen, in einem anderen 2 engl. Meilen über und eben soweit durch die Themse zugeführt wurden, vermochte aber in beiden Versuchen die Uebergangszeit nicht zu messen. Singer (a. a. O. 93) bezweifelt die Genauigkeit des Versuchs. Dafs aber die Electricitäts - Geschwindigkeit geringer ist, als die des Lichtes, folgt nach Helwig (Gilbert's Ann. LI. 137) schon daraus, dafs wir Anfang und Ende des Blitzes und eines grossen electrischen Funkens nacheinander sehen.

20) Wenn ein Magnet vor seinen Polen mit einer Eisenplatte belegt wird, so verfliefst eine merkliche Zeit,

ehe er durch dieselbe vertheilend hindurch wirkt (weshalb die Eisenplatte gewöhnlich als ein Isolator des Magnetismus betrachtet wird (S. 424.); wieviel Zeit verfliefst, wenn ein geladener Kürper jenseits eines Isolators durch electr. Vertheilung das entgegengesetzte E hervorruft, ist ebenfalls noch unbekannt.

21) Da schon das Vorüberströhmen der Luft so wohl an minder bewegten Luftschichten, als auch an allen übrigen Materien das electrische Gleichgewicht zu stören vermag, so folgt schon hieraus, dafs in der Luft und den Erdflächen stets mehr oder weniger freie Electricität vorhanden sein mufs; deren Anziehungsgewalt den Hauptantheil an der Entstehung der electrischen Lufterscheinungen hat.

D) Ueber die electrischen Meteore.

§. 110.

XXX. Vers. Jeder aus dem Conductor gezogene electr. Funke bewegt sich in kleinen Fernen geradelinig, bei grösseren hingegen Seitenanziehungen zubiegend, dem Blitze ähnlich geschlängelt; dessen weitere Uebereinstimmung mit dem electr. Funken bereits Wall (Phil. Transact. 1708. Vol. XXVI. N. 1314.), und später 1752 B. Franklin entdeckte, und worauf der letztere die Erfindung der Blitzableiter gründete. Aber nicht blofs der Blitz, sondern auch mehrere Meteore sind theils electrischen Ursprungs, theils von electrischen Phänomenen begleitet.

Bemerk. 1) Die theils zur Aufnahme, theils zur Neutralisirung der Wolkenelectricität bestimmten (von Franklin erfundenen) Blitzableiter bestehen entweder aus eisernen (besser kupfernen oder überkupferten) Stangen, oder aus kupfernen aneinander gekettoten

Blechen oder aus Stricken von Messingdrath. Sie werden möglichst senkrecht in die Erde geführt, nachdem sie zuvor mit jenen Bleiringen (Regenrinnen u. s. w.) in leitende Verbindung gesetzt worden, welche das Gebäude oben und unten umgeben, und die unter sich wiederum durch Bleistreifen verbunden worden sind; vergl. SINGER a. a. O. S. 145. Ueber BÖCKMANN's Verbesserungen der Blitzableiter; d. Gewerbsfr. IV. In meinem Grundr. d. Chemie. I. Bd. S. 201. schlug ich vor, sich nicht blofs gegen den Blitz durch Ableiter zu schützen, sondern ihn zu phys. Versuchen mit Hülfe der Blitzableiter zu benutzen. Neuerlich hat man ihn wenigstens zur Zersprengung von grossen Steinmassen angewendet. Uebrigens vergl man ausser der angeführten Schrift z. B. B. FRANKLIN New experim. and observat. on electricity. Lond. 1751. 4. und dessen Briefe von der Electr. a. d. E. m. A. von J. E. WILKE. Leipz. 1758 und dessen sämmtliche Werke. Aus d. Engl. und Franz. übers. von G. T. WENZEL. Dresden 1780. gr. 8.

2) Ueber die Electrometeore vergl. LAMPADIUS Atmosphärologie. S. 66 u. s. f. Es gehören hieher das Gewitter (Regen und Schneegewitter) die Orcane, die Wasser- und Landtromben, das St. Elmensfeuer, Helenenfeuer, Castor und Pollux, die fliegenden Drachen und ähnliche ziehende leuchtende Meteore; die Nord- und Südlichter vergl. §. 105. N. 4 u. 5. dies. Grundr., vielleicht auch die Sternschnuppen, die ruhigen nnd explodirenden Feuerkugeln (und deren Meteorsteine), die Entstehung der meisten Hydrometeore und verschiedener Winde; zum Theil auch die Irrlichter, die vulcanischen Ausbrüche und die Erdbeben u. s. w. Ihre Erklärung, so weit sie nach jetzigem Zustande der Metereologie möglich, enthält in gedrängter Kürze das XII. Cap. d. Grundr. Die meisten beruhen auf electr. Vertheilung, gehemmte Leitung und Ausgleichung.

3) Um die Wirkung der Blitzableiter auf electrisirte

Wolken zu veranschaulichen, hänge man an den Leiter einer Electrisirmaschine einen leinenen Faden auf, an dessen unteres Ende eine Flocke ungesponnene Baumwolle befestigt ist, electrisire dann den Conductor und nähere nun der Baumwolle aus einer beträchtlichen Ferne her eine Metallspitze; die Flocke wird sich anfänglich unsichtbar entladen, dann zum Conductor zurückkehren, und nun wiederum zur Spitze sich wendend, an dieselbe aufs neue Electricität abgeben. Hängt man mehrere dergleichen Flocken an ungleich lange Fäden nebeneinander auf, so werden sich die zuerst entladenen unteren, an die nächst oberen noch unentladenen anlegen, und so im Kleinen darstellen, was die unteren zuerst enlladenen Gewitterwolken zeigen, wenn sie den oberen noch electrisirten Wolken zueilen. Ein guter Blitzableiter, dessen Theile in vollkommen leitender Verbindung stehen, während seine Ableitung eben so vollkommen ist, veranlafst häufig sichtbarlich diese Art von Wolkenanhäufung; vergl. auch meine Grundzüge S. 257.

4) Entladet sich eine Wolke an dem einen Ende, so wird sich in demselben Augenblicke (vertheilend) das Gleichgewicht der Electr. an der Stelle der Erdoberfläche herstellen, welche sich unter dem entgegengesrtzten Ende der Wolke befindet. Man nennt dieses den Rückschlag und es scheinen hieher die meisten jener Fälle zugehören, wo der Blitz einschlägt ohne zu zünden (kalter Schlag) wiewohl auch bei einer verhältnifsmässig sehr guten Leitung einzelner Theile die Gebäude, Bäume u. s. w. durch den Blitz ungezündet bleiben, wenn die Masse desselben nicht sehr grofs ist. Folgender Versuch macht die Wirkung des Rückschlags anschaulich. Ein lebender Frosch werde an einem seidenen Faden in einiger Ferne vom 1ten Conductor der Maschine so aufgehängt, dafs die Hinterfüsse zu unterst schweben, deren einer mit einem leichten biegsamen Metallfaden so verbunden worden ist, dafs das entgegengesetzte Ende dieses Leiters die Erde berührt. Wird

nun die Maschine in Thätigkeit gesetzt, und werden dann dem Conductor von Zeit zu Zeit mittelst eines sich in einer Halbkugel endenden Metalldraths Funken entzogen, so geräth der Frosch durch die Wirkung des Rückschlags bei jeder Funkenentziehung in lebhaftes Zittern, und hatte man zu diesem Versuche ein frisch bereitetes Froschpräparat benutzt (indem man von dem getödten Frosche die von Haut entblöfsten Hinterfüsse in Verbindung mit einem Stück der entblöfsten Wirbelsäule so trennt, dafs der seidene Faden um das obere Ende der Rückmarkssäule geschlungen werden kann), so wird dieses unter der bemerkten Bedingung krampfhafte Zusammenziehungen und sehr deutliche Zuckungen darbieten, in einer Entfernung von 30 bis 36 Fufs vom Conductor; woraus folgt, dafs das Froschpräparat mit seinen Muskeln und Nerven das empfindlichste Electroscop gewährt. Galvani wurde zufällich auf die Beobachtung dieser Phänomene geleitet, und nahm durch dieselben Veranlassung zur Entdeckung der Electricitätserregung durch Berührung ungleicher Leiter; s. weiter unten E.

5) Zur Untersuchung der Luftelectricität dienen sehr empfindliche Electrometer, die man (am besten in eigends dazu errichteten metereologischen Observatorien) mit fliegenden Drachen oder mit kleinen Luftballons in leitende Verbindung setzt, wenn es darauf ankommt, die Electricität höherer Luftschichten zu beobachten. Behufs der Beobachtung der niederen Luftelectricität benutzt man in neueren Zeiten die sog. trocknen oder Zambonischen Säulen, d. s. vielschichtige Verbindungen sich berührender ungleicher (und sich dadurch entgegengesetzt electrisirender) guter Leiter, mit zwischen je zwei Leiterpaaren der Art eingeschichteten schlechtern Leitern (z. B. trocknem Papier). Ueber Einrichtung und Wirk. dieser und aller ähnlichen Vorrichtungen, so wie über eine von J. C. v. Yelin: Behufs der Beobachtung der Luftelectricität mittelst der Zambonischen Säule erfundene Oscillations-Libelle

vergl. v. Yelin a. S. 453. a. O. und weiter unten Cap. VI. Sollte sich bestätigen, daſs der Magnetismus als solcher das electrische Gleichgewicht zu stören vermöge (s. auch. Cap. VI.) so würde der Zusammenhang der Aenderungen der Luftelectricität mit dem Aendern des Barometerstandes und der Magnetnadel erklärbar werden; S. 453.

E) Von der thierischen Electricität.

§. 111.

Die meisten Processe lebender vorzüglich thierischer Organismen, sind theils von electr. Vertheilung und Ausgleichung begleitet, theils selbst davon abhängig. Die Entstehung dieser Electricitäten dürfte in den meisten Fällen gemäſs des Gesetzes der Erregung der Electricität durch Berührung der Leiter erfolgen. Dieses Gesetz lautet: Je zwei sich berührende ungleiche Leiter, stören gegenseitig ihr electrisches Gleichgewicht, so daſs die Berührungsfläche des einen der Leiter + E, die des anderen — E erhält, (während die Innensubstanz des einen negativ, die des anderen positiv electrisch wird) und stellen so einen andauernd wirkenden Electromotor dar, der sich von der Leidner Flasche unter andern auch dadurch unterscheidet, daſs jeder Entladung seiner leitenden Aussenflächen die Selbstladung unmittelbar nachfolgt, wenn nicht durch von Aussen veranlaſste chemische Veränderungen die Leitung seiner Theile bis zum Unmerklichen vermindert worden ist.

Bemerk. 1) Die Verschiedenheiten welche jene Electromotore hinsichtlich der Mengen und Ableitungsgeschwindigkeiten ihrer erzeugten E darbieten, veranlaſste Volta zu der S. 462. erwähnten Eintheilung der Leiter in

zwei Klassen; die der ersten Klasse electrisiren sich durch Berührung merklich, die der zweiten Klasse kaum merklich; indeſs steht diesem Eintheilungsgrunde entgegen *a*) daſs durch Erhitzung zu Leitern gewordene Isolatoren theils wie die Leiter der ersten, theils wie die der zweiten Klasse wirken, und *b*) daſs Leiter der ersten Klasse sich kaum merklich electrisiren wenn sie nicht ungleichartig, sondern nur durch Wärme, Licht u. s. w. ungleich geworden sind; vergl. einstweilen m. Einleit. in d. n. Chem. S. 102., mein Syst. d. Chem. S. 16. und weiter unten Cap. VI. Abgesehen von vorstehenden Einwürfen, könnte man die Leiter zerfallen lassen, in Leiter der ersten Klasse: sie erregen die Electricität durch Berührung sehr merklich und leiten sie sehr schnell; Leiter zweiter Klasse: sie erregen die Electricität durch Berührung wenig merklich, hingegen etwas merklicher durch Gegenstoſs und leiten sie gut, jedoch bedeutend langsamer als die Leiter erster Klasse; Leiter dritter Klasse: sie erregen durch Berührung die Electricität kaum merklich, hingegen sehr stark durch Reiben, und leiten sie in dem Verhältniſs schlecht, in welchem sie dieselbe reibend erzeugen.

2) Man kann das obige Gesetz der Electromotore auch dadurch ausdrücken, daſs man sagt: je zwei Leiter von ungleicher Leitungsgüte electrisiren sich, wenn sie sich berühren, und darf, wie es scheint hinzufügen: die Stärke ihrer Berührungselectricität, steht (für jede einzelne Klasse) im geraden Verhältniſs ihrer chemischen Ungleichartigkeit (Entgegengesetztheit) und im umgekehrten ihrer Leitungsfähigkeit.

3) Ueberall wo die an Electromotoren erzeugten + E und — E in chemisch gemischte Leiter ströhmen, vermögen sie Zersetzung derselben zu bewirken, wenn dabei die S. 465. bemerkten Bedingungen erfüllt sind.

4) Die Thierleiber unterscheiden sich unter andern auch dadurch von den lebenden Pflanzenleibern, das

in »ersteren« wenigstens ein Leiter erster Klasse neben Leitern zweiter Klasse gegeben ist, während in »letzteren« nur Leiter zweiter Klasse neben- und miteinander vorkommen.

5) Aloisius Galvani, vormals Professor der Arzneikunde zu Bologna, entdeckte im Jahr 1790, daſs zwei verschiedenartige Metalle, womit ein Muskel und der zugehörige Nerve eines Frosches belegt wurden, heftige Zuckungen in dem Muskel bewirkten, so bald sie in leitende Verbindung mit einander gesetzt worden waren. Er stellte mehrere und abgeänderte Versuche darüber an, und machte sie im Jahr 1791 in folgender Schrift bekannt. Alois. Galvani de viribus electricitatis in motu musculari commentarius. Bononiae 1791. 4. Sie wurde unter andern von Mayer übersetzt (Prag 1793. 8.) und von Gren in dessen Journ. d. Phys. Bd. 6. Hft. 3. im Auszuge mitgetheilt. Schon früher 1767 machte Sulzer die hieher gehörende Bemerkung, daſs Blei und Silber mit der obern und untern Zungenseite, und dann unter sich in Berührung gebracht, einen — wie er sich ausdrückt — Eisenvitriol (schwefelsaurem Eisen) ähnlichen Geschmack erregt; auch erzählte Cotugni in einem Briefe vom Jahr 1784, einen dem Galvanischen Froschversuche ähnelnden Fall, und hielt die Erscheinung für electrisch. Galvani schrieb diese Erscheinungen einem eigenthümlichen electrischen Verhältnisse zu, und nannte es — thierische Electricität. — Abilgard, Achard, Ackermann, Aldini, v. Arnim, Ash, Behrends, Boissier, Bostoch, Berlinghieri, Caldani, Charles, Colsmann, Corradori, Coulomb, Creve, Desormes, Fontana, Fourcroy, Fowler, Gautherot, Genettes, Giulio, Grapengiesser, Gren, Guyton, Halle, v. Haug, Hermbstädt, v. Humboldt, Hunter, Jadelot, Jaeger, Kielmeyer, Klein, Lagrave, Michaelis, Pelletan, C. H. Pfaff, Reil, I. E. L. Reinhold, Ritter, Sabathier, Schelling, Schmuk, Sömmering, Trevianus, Vauquelin, Volta, Wael,

Wollaston, Wilson u m. a. beschäftigten sich mit der Fortsetzung dieser Versuche, und ihre Bemühungen giengen besonders dahin, die Wirkung mehrerer Metalle und anderer Substanzen auf thierische Theile, in Rücksicht ihrer Reizbarkeit, zu versuchen. Sämmtliche hieher gehörende Phänomene (und die späterhin darauf folgenden) begriff man, dem Entdecker zu Ehren, unter der Benennung Galvanische Erscheinungen, oder Galvanismus (Synon. sind Metallreiz, und Voltaische Electricität) dehnte diese Benennung aber bald auf alle aus Leitern zusammengesetzte Electromotore und deren Wirkungen aus.

6) Ehedem nannte man den Galvanismus ausschliessentlich thierische Electricität; eine Benennung die man späterhin aufgab, da man bemerkte, dafs ähnliche Thätigkeitsverhältnisse auch zwischen blofs anorganischen Stoffen eintreten können. Wir mögten unter dem Ausdrucke thierische Electricität, die mehr oder minder eigenthümliche Erregung der Electricität in thierischen Körpern, die Empfänglichkeit mit Nerven begabter Organismen für äussere Electricitätsentwickelung, und das in verschiedenen Organismen eigenthümliche Leitungsvermögen für die Electricität überhaupt begreiffen; ohne durch diesen Ausdruck eine gänzliche Verschiedenheit von der allgemeinen Electricität andeuten zu wollen.

7) Hier etwas von den Wünschelruth- und Pendelversuchen Campetti's und Ritter's; vergl. Gilbert's crit. Aufsätze über die in München wieder erneuerten Versuche mit Schwefelkies-Pendeln und Wünschelruthen (A. dessen Annal. besonders abgedr.). Halle 1808. 8. J. W Ritter's Siderismus. 1s Hft. Tübingen 1808. 8. Thouvenel Mém. sur l'Aérologie et l'Electrologie. Paris I—III. 1806. 8. Kieser's Archiv für den thierischen Magnetismus. Terviranus Biologie. VI. Bd. Amoretti's neuere Forschungen in der Rabdomantie. Gilbert's Ann. LX. 255. ff. Bemerkungen darüber a. a. O. 312.

§. 112.

Die bisher abgehandelten Phänomene der Electircität lassen sich, in Ermangelung einer vollständigen Theorie, zum Theil mehr oder weniger gezwungen nach FRANKLIN's Hypothese, die der Electromotore leichter nach der dualistischen Ansicht des SYMMER erläutern, aber nicht erklären. Soviel scheint indeſs schon aus den bisherigen Versuchen zufolgen, daſs electrischer Zustand und electrische Flüssigkeit zwei verschiedene Dinge sind, die nicht verwechselt werden müssen, wenn man sich einer Theorie des electr. Verhältnisses überhaupt nähern will. Im nächstfolgenden Cap. werden wir Gelegenheit erhalten, diese Vermuthung näher zu prüfen; hier einstweilen eine kurze mündliche Entwickelung des S. 465 u. §. 111 Ausgesprochenen und Anwendung auf das Bisherige.

BEMERK. 1) Uebrigens vergl. man noch ausser den bereits angeführten Schriften: KRATZENSTEIN Theoria electric. Hal. 1786. 4. J. KREUSLER: Epitome phys. general electricität. Heidelbergae 1764. 8. CUTHBERSONS Abhdl. von der Electr. Aus d. Holl. Leipz. 1786. 8. G. ADAMS Vers. über die Electric. aus dem Engl. Leipz. 1785. 8. W. ALMENSEN de Electricitate propria lignorum. Lucernae 1754. J. G. KESSLER Beweg. e. electr. Materie u. s. w. Landsh. 1788. 3te Forts. ebendas. 1796. 8. REUSS Repertor. commentat. etc. Th. IV. S. 344—366. Göttingen 1805. 4. J. G. KRÜNITZ Verzeichn. d. vornehmsten Schriften von der Electricität. Leipz. 1769. 8. K. G. KÜHN Gesch. der medic. Electr. I. II. Leipz. 1783. 1785. 8. J. G. VOIGT's Versuch. einer neuen Theor. d. Feuers, d. Electr. etc. 1793. 8. Die Lehre von der Electr. theoret. u. pract. aus einandergesetzt von J. A. DONNDORFF I. II. Erfurt 1784. 8. JAC. LANGENBUCHERS Electrisitätslehre.

Augsb. 1788. 8. HILDEBRANDT's dynam. Naturl. II. Bd. S. 815. etc. VEAU. DELAUNAY Manuel de l'Electricité. Paris 1809. 8. Fr. BAADER: Ueber den Blitz als Vater des Lichts. Nürnberg 1816. 8. J. WEBER: Vom dynamischen Leben der Natur überhaupt und vom electrischen insbesondere. Landsh. 1817. 8. Dessen: Dynamische Licht-, Farben- und Wärmetheorie. Landshut 1818. 8. Dessen: Physik als Wissenschaft oder die Dynamik der gesammten Natur. Landshut 1819. 8. THEOD. v. GROTTHUSS: Physisch chemische Forschungen. Nürnberg 1820. 4.

2) Ueber medizinische Anwendung der Electricität vergl. ausser den erwähnten Schriften noch SINGER's Elemente u. s. w. übers. von MÜLLER S. 180. Anwendung der Electr. auf zoologische Untersuchungen; a. a. O.

3) Versieht man den Knopf einer Leidner Flasche, nach schehener Ladung mit einem, in eine feine Spitze auslauffenden Deckel, so kann man mit dieser von einer Glasröhre einzufassenden Spitze, bei einer Entfernug des leidenden Organs von derselben, die einige Schuhe beträgt und willkührlich zu ändern steht, eine sehr gleichförmige Einströhmung des freien (+ E oder —) E bewirken, ohne daſs sie im mindesten schmerzhaft wird. Wirken electrisirte (von Aussen möglichst isolirte) gegen einzelne leidende Theile der Körperoberfläche gerichtete Gas- (Dampf- und Luft-) Ströhme, z. B. electrisirtes kohlensaures Gas, den unelectrisirten gleich, oder werden deren Einwirkungen durch die Electrisirung gesteigert? Wie würden sich die Electricitaten verhalten, wenn man sie vor der Ausgleichung oder Entladung innerhalb leidender Organe nöthigte, von Aussen isolirende Behälter mit Säuren, Basen, organischen Gebilden (z. E. Moschus, Opium u. s. w.) zu durchstreichen?

4) Als Beispiel einer sehr starken Electricitätserregung durch Electromotore und zugleich als Bestatigung der S. 506—507 Bem. 15 ausgesprochenen Erfahrungen, dient folgender naher zu prüfende von

Fox in Falmouth neuerlichst angestellte Versuch: Man rolle ein dünnes Platinblatt und ein eben sogrosses dasselbe bedeckendes Stück Stanniol (wohl noch wirksamer: Zink) schnell zusammen, und bringe es vor die Spitze des Löthrohrs; es folgt schnelle Bewegung der Bläthchen, lebhaftes Leuchten und eine so grosse Erhitzung, daſs es in Wasser geworfen sich eine Zeitlang glühend erhält und in die Glasur des Beckens einschmilzt. Würden schon die durch Berührung ungleicher Leiter erster Klasse erzeugten Electricitaten für feine Organe hinreichen, dieselben mit Erfolg zu electrisiren? Sind die angeblichen Phänomene des Perkinismus durch die Berührungselectricität erklärbar?

5) Ueber die Wirkungen des Kieser'schen sog. siderischen (unmagnetisirten) Baquet's; Kieser's Archiv III. 2tes St. S. 44 u. ff. Dieses sog. Baquet besteht aus einem mit ($\frac{2}{3}$ bis $\frac{3}{4}$) Eisen-Schmiedeslacken, ($\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$) Hammerschlag und (ein Zoll hoch darüber stehendes) Wasser gefüllten, $4\frac{1}{2}$ Kubikfuſs fassenden Kasten, durch dessen mittlere Deckelöffnung (ein $\frac{3}{4}$ Zoll Durchmesser habendes Loch in dem hölzernen Deckel) eine 5 Fuſs lange, $\frac{5}{8}$ Zoll Durchmesser haltende, am oberen Ende mit einem Oehr versehene, polirte Eisenstange bis zum Boden reicht. Ausserdem reichen mehrere Einzeldräthe durch kleinere, das mittlere umgebende, Deckellöcher in die Masse hinab; sie sind $3\frac{1}{2}$ bis $4\frac{1}{2}$ Fuſs lang und 5 Zoll dick, freibeweglich, oben $\frac{3}{4}$ bis 1 Fuſs lang rechtwinklig umgebogen. Der Ring der mittleren enthält mehrere Stricke, durch welche der leidende Theil des Körpers mit der Stange in leitende Verbindung kommt während einer der gebogenen Dräthe gegen die Magengegend des sitzenden Kranken gerichtet worden ist u.s.w. Das Ganze scheint ein etwas veränderter, mit einem feuchten Leiter versehener Electromoter zu sein.

Bonn,
gedruckt mit Kupferberg'schen Schriften.


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Uranus
Saturnus
Jupiter
Juno
Mars
Erde
Venus
Vesta
Ceres
Pallas
Perih.
Aph.
Comet von 1759
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12.
Fig. 13.
Fig. 14.
Fig. 15.
Fig. 16.

Kastner, Karl Wilhelm Gottlob,

Grundriß der Experimentalphysik

Bd.: 1

(1820)

Bamberg, Staatsbibliothek -- Phys.o.39-a(1
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11763607-0